



MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2017/2018

**CONTRIBUIÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS COM COMBUSTÍVEIS
ALTERNATIVOS NA RECOLHA DE RESÍDUOS URBANOS PARA A
MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA DA POPULAÇÃO**

RITA ALEXANDRA COELHO DA ROCHA LIMA

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho

(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Orientador académico: Cecília Alexandra Abreu Coelho da Rocha

(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Coorientadora: Sandra Maria de Brito Monteiro de Melo

(Professora Adjunta convidada do Instituto Superior de Educação e Ciências de Lisboa
Investigadora do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa)

Setembro, 2018

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente 2017/2018

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miea@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

□ <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais

*Every great dream begins with a dreamer. Always remember, you have within you the strength, the
patience, and the passion to reach for the stars to change the world*

Harriet Tubman

Agradecimentos

A realização deste trabalho e, conseqüentemente, o terminar desta etapa não seria possível sem a colaboração e o contributo de várias pessoas e instituições.

À Professora Doutora Cecília Rocha e à Professora Doutora Sandra Melo, respetivas orientadora e coorientadora, agradeço por toda a disponibilidade e dedicação a esta dissertação e por todo o conhecimento que me transmitiram ao longo destes meses.

Aos operadores de gestão de resíduos, agradeço por aceitaram colaborar na realização dos inquéritos, este estudo não seria possível de outra forma.

Aos meus pais, porque sem vocês não seria literalmente nada. Por me mostrarem todos os dias que não há amor maior do que este. Desde as mais pequeninas coisas, às maiores. Desde a preocupação constante com a escola, ao agora, em que me permitem tomar as minhas decisões, por mais difícil que vos seja. O meu maior obrigada.

Ao meu irmão, foi fácil crescer com um modelo como tu. Obrigada João.

A toda a minha família. Algumas vezes tive de dizer “Não posso, tenho de estudar”, “Não posso, tenho trabalhos para fazer”. Já está. Hoje sei que valeu a pena. Obrigada.

À Babi, a ti agradeço por seres a minha pessoa, por teres estado ao meu lado nas coisas boas e nas coisas más, incansavelmente. Já não há palavras que te possa dizer depois de todos estes anos. Fica um obrigada gigante por me acompanhares em mais uma etapa.

À Marta e à Inês, as minhas primeiras amigas da faculdade. Obrigada pelos jogos das palavras, por cada cusquice, pelos jantares, pelos Feupcaffes, pelos Arraiais, pelas horas de Sol e até pelas horas de estudo.

Às Fenomenais, Tchabe, Maria e Kátia. O que dizer? Ir para a faculdade, ao longo destes anos, foi sinónimo de aturar os amuos da Tchabe, o tom de voz elevado da Maria e com sorte encontrar a Kátinha. Obrigada, não podia ter sido mais feliz do que o que fui convosco.

Aos meninos da Família, Campos, Gui, Miguel, Pedro e Vileça. Vocês sabem que eu sou muito boa a contar histórias, mas o que eu gosto mesmo é de poder vivê-las convosco. Fazem-me muito feliz. Obrigada por me terem dado o prazer de fazer parte da vossa vida e por fazerem parte da minha.

À Ralé da Família, Crazy, BB e Jaqueline, por tornarem cada dia e cada noite ainda melhor. Seja na Sala de Ambiente, na AE, no ML ou no Lust. Obrigada meninas.

Ao Erasmus e às pessoas que conheci. Forem 6 meses que me fizeram crescer e ainda tive a sorte de trazer uma nova família. À minha Inês, aos meus polacos e brasileiros preferidos. Obrigada.

O meu maior Obrigada,

Rita Lima

Resumo

A produção de resíduos urbanos é um efeito indeclinável na vida atual e respetivos padrões de consumo que tem vindo a aumentar ao longo dos tempos. Esta problemática toma proporções ainda maiores nos centros urbanos, regista uma maior população, e por consequência, uma elevada e crescente produção de resíduos urbanos. Os municípios são responsáveis por encontrar as melhores alternativas para a sua recolha, transporte e destino final, de um ponto de vista ambiental, social e económico. Primeiramente, os resíduos são depositados em locais adequados, como contentores, de onde são recolhidos, transportados e encaminhados para os seus destinos finais (triagem, reciclagem reutilização ou aterro, etc.). Neste estudo, o foco foi a etapa de recolha e transporte. Esta etapa envolve geralmente a utilização de veículos pesados, apropriados para a recolha de resíduos, que necessitam irremediavelmente de percorrer distâncias consideráveis de forma a conduzir os resíduos ao seu local de depósito final.

De modo a tornar o transporte de resíduos urbanos uma atividade ambientalmente mais sustentável, é importante conhecer, selecionar e adotar formas inovadoras de transporte, uma vez que, o correspondente sector é um dos mais representativos na emissão de poluentes diversos e, em particular de gases com efeito de estufa (GEE). De facto, apresentam uma influência negativa na qualidade do ar, tanto a nível dos parâmetros de qualidade do ar (CO, HC, NO_x, PM) como na contribuição para as alterações climáticas (emissões de CO₂).

Ao longo desta tese, analisou-se detalhadamente a frota de recolha de resíduos do Município do Porto, com o objetivo de perceber de que forma é que o município já integra os veículos que operam com energias mais limpas, como o gás natural e a eletricidade e se haveria potencial para incrementar a sua utilização. Apesar de ser um dos maiores municípios portugueses, a sua frota ainda é maioritariamente constituída por veículos a diesel, recorrendo à utilização de veículo elétricos de pequenas dimensões apenas para pequenos nichos de mercado e locais em que a concentração de resíduos é menor. Perante este resultado, considerou-se que a implementação de um inquérito dirigido aos diversos municípios e operadores de recolha de resíduos constituiria um elemento indispensável para a compreensão da atual reduzida utilização de veículos ambientalmente mais adequados.

Com o resultado destes inquéritos foi possível concluir que, apesar de as vantagens ambientais serem inegáveis, como a redução da poluição atmosférica, dos níveis de ruído ou das emissões de GEE, entre outras, ainda existem diversos obstáculos a ultrapassar. Uma das principais desvantagens indicadas pelos inquiridos é o custo de aquisição. Daí, nos inquéritos, ser também analisada a hipótese da possibilidade de fundos, nacionais ou internacionais, e apoios para cofinanciar este investimento e fazer com que a taxa de penetração de veículos movidos a combustíveis ambientalmente mais favorável nas frotas de recolha de resíduos aumente. Outros obstáculos apontados são os operacionais, como a autonomia e a incapacidade de substituir o veículo convencional a todos os níveis das operações de recolha.

Assim, com a evolução da tecnologia, como por exemplo, o melhoramento das baterias que permitem uma maior autonomia e uma redução dos custos, os municípios podem ultrapassar barreiras identificadas, tornando-se mais recetivos à utilização de veículos que consomem energias mais limpas.

Palavras-Chave: Resíduos urbanos, Veículos elétricos, Veículos a gás natural, Recolha e transporte de resíduos, Gases de efeito de estufa.

Abstract

Present life style and related high consumption patterns has contributed to higher waste production levels. This has become a relevant challenge in cities, where there is a higher concentration of inhabitants and consequent waste production. Municipalities are responsible for finding the best alternatives from an environmental, social and economic point of view for their local waste collection and transport to the final destination. Firstly, the waste is left at suitable places, such as waste containers, from where it is later collected and sent to the final destinations (sorting, recycling, reuse or landfill facilities). This study focused on the waste collection stage and transport operation. This step involves the use of heavy-duty vehicles, suitable for waste collection that travel considerable distances to fulfill its function. As these vehicles are mostly conventional diesel vehicles, the waste transport represents a polluting activity *per si*.

In order to minimize the environmental impacts of waste transport, it is crucial to select and adopt innovative and less polluting forms of transport, since this sector is one of the most representative in the emission of various pollutants, in particular of greenhouse gases. In fact, they have a negative influence on air quality (CO, HC, NO_x, PM) and in contribute to climate change (CO₂ emissions).

Along the study, the waste collection fleet of the Municipality of Porto was analyzed in order to study whether vehicles with cleaner technologies, such as natural gas and electricity, would already be part of this fleet and if there was potential to increase its use. Although Porto is one of the larger Portuguese municipalities, its waste collection fleet is still mostly constituted by diesel vehicles, using electric vehicles only to access areas with narrow streets and for other niches of market.

Given this context, it was considered to carry out an enquire to various municipalities and waste collection operators for better understanding the current reduced use of environmentally friend vehicles for waste collection activities.

The thesis concludes that despite the undeniable environmental benefits of alternative vehicles for waste collection, such as the reduction of air pollution, noise levels or GHG emissions, among others, there are still several obstacles to overcome in order to increase its usage. One of the main disadvantages indicated by the respondents is the acquisition cost. Hence the possibility of national or international funds and support to co-finance this investment and make the environmentally preferable rate of penetration of fuel-efficient vehicles in the waste collection fleet increase. Other obstacles are operational ones, such as the autonomy and inability to replace the conventional vehicle at all operations of the collection and transport process.

Thus, with the evolution of technology, such as improved batteries that allow greater autonomy and reduced costs, municipalities can overcome the identified barriers, making them more receptive to the use of vehicles that consume cleaner energy.

Keywords: Municipal wastes, Electric vehicles, Natural gas vehicles, Waste collection and transport, Greenhouse gases.

Índice Geral

Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Índice Geral	xiii
Índice de Figuras	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização da Temática	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura da Dissertação	2
2 ESTADO DA ARTE	5
2.1 Enquadramento	5
2.2 Conceitos e princípios da Gestão de Resíduos	7
2.3 Estratégias para diminuir as emissões associadas	10
2.4 Aceitação das tecnologias alternativas	13
2.4.1 Fatores ambientais	13
2.4.2 Fatores operacionais	15
2.4.3 Fatores Financeiros	15
3 RESÍDUOS URBANOS EM PORTUGAL CONTINENTAL	17
3.1 Produção de Resíduos Urbanos em Portugal	17
3.2 Recolha de Resíduos Urbanos	19
3.2.1 generalidades	19
3.2.2 Classificação da Recolha de Resíduos Urbanos	19
3.3 Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos em Portugal	22
4 CASO DO ESTUDO: MUNICÍPIO DO PORTO	25
4.1 Caracterização do município do Porto	25
4.2 Análise da frota de recolha de resíduos urbanos	26
4.3 Emissões de CO ₂	30
4.4 Alteração do tipo de tecnologia utilizada	30
4.4.1 Impacto Ambiental	31
4.4.2 Impacto Financeiro	32
5 INQUÉRITOS	35

5.1	Introdução	35
5.2	Conceção do inquérito	35
5.2.1	Princípios	35
5.2.2	Processo de formulação e seleção das questões	36
5.3	Estrutura Final do Inquérito	38
5.4	Implementação do inquérito no terreno	41
5.5	Respostas	42
5.5.1	Caracterização do Operador e do Município	43
5.5.2	Caracterização da frota	48
5.5.3	Opinião sobre a utilização de veículos elétricos ou a gás natural	50
5.5.4	Planeamento da frota	54
6	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	57
6.1	Confronto entre os resultados reportados no inquérito e os resultados divulgados por outras entidades	57
7	Conclusões	61
7.1	Principais conclusões	61
7.2	Limitações do estudo e perspetivas futuras	62
	ANEXOS	69
	Anexo I - Inquérito Final	70

Índice de Figuras

Figura 1 - Repartição das fontes antropogénicas por setores económicos, em Portugal, em 2016 (Fonte: Modificada REA (2018)).....	6
Figura 2 - Evolução da gestão de resíduos na União Europeia (Fonte: Modificada Eurostat (2018)).	9
Figura 3 - Percentagem de resíduos enviada para cada operação de processamento de resíduos em Portugal, em 2014 (Fonte: Modificada Eurostat (2018)).	9
Figura 4 - Pontos de colocação dos sonómetros (Fonte: Modificada NGVA Europeia).	14
Figura 5 - Quantidade de resíduos urbanos gerados, por ano, em Portugal. (Fonte: Modificado APA (2017)).	17
Figura 6 - Evolução da taxa de preparação de RU, para reutilização e reciclagem, entre 2008 e 2015, em Portugal Continental (Fonte: APA (2016) Modificada).	18
Figura 7- Mapa dos SGRU e das infraestruturas de tratamento/deposição em Portugal Continental, em dezembro de 2013 (Fonte: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território e Energia (2014)).	24
Figura 8 - Localização do município do Porto e respetivas freguesias (Fonte: Modificada Gazilion (2013) e Porto Património (2011)).	25
Figura 9 - Intervalo de idade dos veículos por tipo de combustível utilizado.	26
Figura 10 - Veículo elétrico utilizado no Município do Porto.	27
Figura 11- Relação entre a idade dos veículos e a sua distância percorrida.	28
Figura 12 - Variação na emissão de CO ₂ tendo em conta a taxa de penetração de VE, na frota de 2015, do Município do Porto.	32
Figura 13 - Painel inicial do inquérito.	36
Figura 14 - Caracterização introdutória do inquérito.	43
Figura 15 - Período de recolha utilizado pelos inquiridos.	44
Figura 16 - Percentagem, por tipo de resíduos, dos resíduos recolhidos pelos inquiridos.	45
Figura 17- Destino final dado aos resíduos recolhidos, por tipo de resíduo, em percentagem.	46
Figura 18 - Intervalo de distância necessária percorrer pelos veículos com os resíduos até as infraestruturas indicadas, pelos inquiridos Municipais e Privados.	47
Figura 19 - Intervalo do número de veículos que constituem a frota dos municípios, por tipo de tecnologia utilizada.	48
Figura 20 - Idade média da frota por tipo de veículo utilizado, pelos inquiridos municipais e privados.	49
Figura 21 - Relevância de determinados obstáculos na aquisição de veículos a gás natural.	50
Figura 22 - Relevância de determinadas vantagens na aquisição de veículos elétricos.	51
Figura 23 - Relevância de determinados obstáculos na aquisição de veículos a gás natural.	52
Figura 24 - Relevância de determinadas vantagens na aquisição de veículos a gás natural.	53
Figura 25 - Modo de aquisição dos veículos elétricos ou a gás natural.	54
Figura 26 - Previsão de aquisição de novos veículos, por tipo de combustível.	55
Figura 27 - Utilização dada aos veículos elétricos ou a gás natural.	56

Índice de Tabelas

Tabela 1- Emissões de GEE, por tipo de combustível, por comparação com a gasolina. (Fonte: Maimoun, M.A. (2011)).....	14
Tabela 2 - Comparação do nível sonoro entre veículos pesados a diesel e GN (Fonte: NGVA Europeia).....	14
Tabela 3 - Evolução dos RU por operação de gestão, em Portugal Continental (Fonte: Modificado APA (2016)).....	18
Tabela 4 - Classificação da Recolha e Transporte de RU (Fonte: Beijoco, A.F.P. (2011)).....	21
Tabela 5 - Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal Continental, no ano de 2015 (Fonte: APA (2015)).	23
Tabela 6 - Características da frota de veículos do município do Porto.	28
Tabela 7 - Emissões de CO2 da frota de recolha e transporte de resíduos urbanos do Porto no ano 2015.....	30
Tabela 8 - Parâmetros considerados no cálculo do impacto financeiro na frota de 2015 do município do Porto.	33
Tabela 9 – Valores obtidos da substituição da frota de 2015 do município do Porto.....	34
Tabela 10 - Estrutura Final do Inquérito.....	38
Tabela 11 - Caracterização dos municípios inquiridos (Fonte: PRODER (2014)).....	42
Tabela 12 - Parâmetros analisados para cada município.....	58

Símbolos, Acrónimos e Abreviaturas

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

CO₂ – Dióxido de Carbono

EC – Economia Circular

EEA – *European Environment Agency*

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GN – Gás natural

GNC – Gás Natural Comprimido

GPS - *Global Positioning System*

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

kg – Quilograma

km – Quilómetro

l – Litro

m² – Metro quadrado

MTR – Movimentos Transfronteiriços de Resíduos

NO_x – Óxidos de azoto

ONU – Organização das Nações Unidas

RU – Resíduos urbanos

SGRU – Sistemas Gestão de Resíduos Urbanos

ton - Tonelada

VE – Veículos elétricos

1

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização da Temática

O crescimento populacional insustentável é uma das principais causas para o aumento da poluição. Estima-se que, desde 1950 até 2013, a população mundial cresceu de 2,5 mil milhões para mais de 7 mil milhões (EEA, 2015) e irá continuar a aumentar. Segundo o Relatório das Nações Unidas o Planeta atingirá os 9,6 mil milhões de habitantes em 2050 (ONU, 2016).

Este aumento populacional desmedido em paralelo com o desenvolvimento económico gerou um elevado aumento na produção a nível global, quer no consumo como na mobilidade, o que contribui, consequentemente, para uma maior produção de resíduos. Quando produzidos em meio urbano, os resíduos são denominados de Resíduos Urbanos (RU), podendo ser provenientes das habitações, comércio e/ou serviços. Geralmente consistem em papéis, cartões, resíduos putrescíveis (alimentares ou de jardins), metais, têxteis, borracha, pele, vidros e/ou madeiras (Lipor, 2018).

Segundo os dados do Eurostat (2018), a produção de resíduos urbanos, na União Europeia, foi de 498 kg *per capita* no ano de 2011. Desde esse ano, o valor tem vindo a aumentar, contudo, em 2016, notou-se uma alteração desta tendência, com uma produção de 483 kg *per capita*.

Este aumento contínuo ao longo dos anos, levou à necessidade de se tomarem medidas na área da gestão de resíduos urbanos. A gestão de resíduos urbanos consiste, principalmente, em três etapas: a deposição, a recolha e o tratamento. Primeiramente, os resíduos urbanos são depositados, de seguida é realizada a sua recolha pelas entidades responsáveis, que, posteriormente, os encaminham para os diferentes destinos finais possíveis, podendo ser, por exemplo, estações de transferência, aterros, incinerador, estação de tratamento mecânico biológico, entre outros.

Esta dissertação aborda a etapa da recolha de resíduos urbanos, quando produzidos e tratados em meio urbano. O sector dos transportes, em Portugal, no ano de 2016, foi responsável por, aproximadamente, 25% das emissões totais de gases de efeito de estufa (GEE). Esta percentagem aumentou 63%, desde 1990 até 2016 e é dominada, maioritariamente pelo tráfego rodoviário (APA, 2018).

Na gestão dos resíduos urbanos, uma das operações que envolve a emissão de poluentes e contribui para este sector é a etapa de recolha e transporte, uma vez que, os veículos de recolha de resíduos urbanos são responsáveis pela emissão de gases, incluindo GEE (como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nítrico) e outros, tendo influência direta na qualidade do ar.

Este estudo permite avaliar alternativas para efetuar a recolha de resíduos urbanos, com a perspetiva de melhorar a qualidade de vida da população, através da redução dos atuais impactos associados ao transporte dos mesmos.

1.2 Objetivos

Com esta dissertação pretende-se conhecer a forma como, atualmente, se faz a gestão de resíduos nos municípios portugueses, nomeadamente no que respeita ao transporte desses resíduos entre o ponto de recolha e o destino final.

Constitui, ainda, um dos propósitos desta dissertação, a preparação e implementação de um inquérito - dirigido a municípios e operadores de resíduos - através do qual se procura conhecer o modo usual de operação no transporte dos resíduos. Adicionalmente, com este inquérito pretende-se conhecer a apetência dos operadores e municípios para alterarem o tipo de veículos de transporte de resíduos e compreender a eventual relutância ou as dificuldades que reconhecem para que tal mudança possa ocorrer.

Como objetivo complementar pode-se salientar a utilização de informação relativa à recolha de resíduos na cidade do Porto como ponto de partida para uma estimativa mais abrangente (globalidade dos municípios nacionais) associada a eventuais efeitos positivos que poderiam decorrer da transição para o transporte com veículos elétricos, essencialmente ao nível da contribuição para a redução das emissões de GEE.

O derradeiro objetivo desta dissertação prende-se com a possibilidade de se fornecerem algumas orientações para futuros procedimentos no processo de recolha de resíduos.

Como trabalho futuro pretende-se que sejam considerados os resultados do estudo de caso analisado ao longo desta dissertação e que estes sejam aplicados a nível nacional de modo a melhorar do ponto de vista ambiental toda a frota de veículos de recolha.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. Em seguida, apresenta-se uma descrição resumida de cada um deles.

O presente “**Capítulo 1 – Introdução**” apresenta uma breve introdução ao tema desta dissertação, os objetivos que se pretendem atingir e a estrutura do documento.

O segundo capítulo, **Estado da Arte**, no qual se dá o devido destaque ao tema desta dissertação enquadrado pela investigação nacional e internacional sobre o mesmo assunto e também de temas conexos. São ainda apresentados alguns conceitos e terminologia mais específicos que serão considerados no desenvolvimento desta dissertação.

No **Capítulo 3 – Resíduos Urbanos em Portugal**, analisa-se a situação atual dos resíduos urbanos em Portugal, bem como, a sua evolução futura.

No quarto e quinto capítulo, **Caso de Estudo: Município do Porto e Inquérito**, após uma breve introdução, será enunciada e justificada a metodologia de abordagem ao tema, seguida da apresentação de algumas dessas etapas, nomeadamente, a caracterização da frota de recolha de resíduos do Município do Porto e o inquérito que foi delineado para recolha da informação pretendida e necessária. Na análise do Município do Porto é ainda estimado o potencial de redução de emissões GEE com base na alteração – apenas – do tipo de veículo. É, ainda, apresentada uma análise genérica das respostas recebida e do seu contributo para a presente dissertação.

No sexto capítulo é realizada a “**Discussão de resultados**”, que consiste num confronto entre os resultados reportados no inquérito e os resultados divulgados (entidades gestoras e APA e INE), apontando orientações futuras para os operadores e municípios que têm a seu cargo a gestão dos resíduos, como a realização/utilização de um guia ou manual de atuação.

Por último, no **Capítulo 7 – Conclusão e desenvolvimento futuro** apresentam-se as conclusões principais deste estudo assim como os principais aspetos a desenvolver em futuros estudos.

2

ESTADO DA ARTE

2.1 Enquadramento

A preocupação crescente sobre os efeitos da poluição no meio ambiente tem levado ao estudo exaustivo desta temática ao longo dos últimos tempos, de forma a determinar causas, consequências e medidas de mitigação. No caso particular da poluição atmosférica, está relacionada, principalmente, com três atividades antropogénicas: a combustão de combustíveis fósseis, a utilização de fertilizantes e pesticidas sintéticos na agricultura, e o aumento do uso e da complexidade dos produtos químicos (EEA, 2017).

A queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de emissão de GEE, o que leva a um dos maiores problemas ambientais da atualidade: as alterações climáticas. O Sol é a principal fonte de energia para o clima da Terra e são os gases de efeito de estufa, como o vapor de água, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, que atuam de forma a regular a temperatura superficial da Terra, absorvendo e emitindo energia térmica em todas as direções. Quando há um aumento da concentração destes gases na atmosfera, torna-se mais difícil que o calor escape para o espaço, levando ao aumento da temperatura terrestre (The Royal Society of Chemistry, 2018).

Dados presentes no “Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas” realizado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) demonstram que, entre 1880 e 2012, a temperatura média global combinada da superfície da Terra e dos oceanos aumentou em cerca de 0,8°C (Pachauri, R.K. [et al.], 2014). Apesar de algumas oscilações, mantém-se a tendência para o aumento da temperatura, sendo este aumento cada vez mais acelerado nos últimos anos. Estes dados são preocupantes, uma vez que, leva a consequências terríveis e já observáveis no panorama atual, como a diminuição da quantidade de neve e gelo, o aumento do nível médio da água do mar, as alterações nos ecossistemas e consequente perda de espécies e eventos climáticos extremos.

O mesmo relatório relaciona o aumento da temperatura média global com o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂), responsabilizando, principalmente, este gás de efeito de estufa pelas alterações climáticas. Esta análise levou à aprovação, em dezembro de 2016, de um acordo a nível mundial, no qual se delineava um plano de ação destinado a limitar o aquecimento global a um valor "bem abaixo" dos 2 °C, – Acordo de Paris, com entrada em vigor cerca de 1 ano depois, após ter sido ratificado por mais de 55 países responsáveis por mais de 55% das emissões mundiais de gases com efeito de estufa. Neste acordo, cada Estado-Membro compromete-se a diminuir as suas emissões para o período de 2021-2030 em diferentes setores, tais como: agricultura, gestão de resíduos, transportes, entre outros. A aplicação destas medidas tem como objetivo final, a redução das emissões em, pelo menos, 40% até ao ano de 2030, comparativamente ao ano de 1990, e, consequentemente, limitar o

aumento da temperatura média mundial bastante abaixo dos 2 °C, tentando que este não ultrapasse os 1,5 °C (Parlamento Europeu, 2018).

De modo a cumprir as metas propostas e encontrar soluções para alterar a quantidade das emissões, é relevante conhecer a proveniência dos gases efeito de estufa (GEE). As fontes de emissões de GEE por setores económicos, em Portugal, são apresentadas na Figura 1.

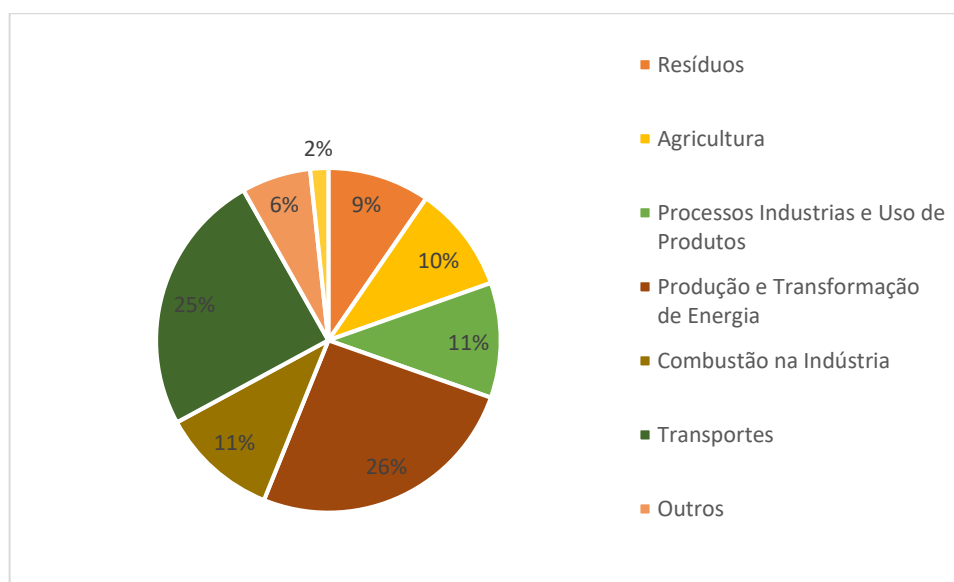


Figura 1 - Repartição das fontes antropogénicas por setores económicos, em Portugal, em 2016 (Fonte: Modificada REA (2018)).

Neste estudo, o foco será o sector dos transportes, que representa 25% das emissões globais de GEE provenientes, principalmente, dos combustíveis fósseis queimados para o transporte rodoviário, ferroviário, aéreo e transporte marítimo. De forma a diminuir a percentagem destas emissões, têm sido realizados vários estudos na área dos combustíveis alternativos como gás natural, biocombustível e eletricidade.

Estas tecnologias chegam também à área da gestão de resíduos, de modo a tornar os veículos de recolha de resíduos mais ecológicos e diminuindo, assim, a sua contribuição de emissões de CO₂.

No passado, a geração de resíduos resultante de atividades humanas e outras não representavam um problema; a população era reduzida e a exploração dos recursos era limitada, o que se foi alterando ao longo dos anos.

Com a Revolução Industrial, no século XVIII, e o desenvolvimento das sociedades, os problemas ambientais e de saúde pública agravaram-se significativamente. O crescimento urbano insustentável provocou uma deterioração nos níveis de saneamento e na qualidade geral da vida urbana, como a propagação de doenças e a acumulação de resíduos. Já no final do século XIX, começaram a ser tomadas medidas concertadas para gerir os resíduos sólidos.

No século XX, os avanços tecnológicos nesta área continuaram a ser visíveis. No ano de 1920, surgem os primeiros veículos motorizados de recolha de resíduos, abertos, que, por essa mesma razão,

apresentavam desvantagens, como a libertação de odores, que atraía insetos, e a queda de resíduos, o que os levou a serem substituídos por veículos cobertos (Montville, J.B., 2001).

A meio do século XX, com a evolução tecnológica, são desenvolvidos camiões com sistemas de compactação, que permitem dar resposta ao aumento de resíduos gerado. Já no final do século, em 1970, o sistema, que até então era manual, torna-se automático ou semiautomático. Estes sistemas visam diminuir os acidentes no trabalho, aumentar a segurança dos trabalhadores, e melhorar a eficiência da recolha (Montville, J.B., 2001).

Até à atualidade, existiram poucas alterações drásticas nos equipamentos de recolha, existindo apenas melhorias nos mecanismos já existentes. Porém, em relação ao combustível utilizado, a resposta é praticamente unânime, mesmo com o passar dos anos. Um estudo, realizado pela ACEA (2017), relativamente aos veículos em uso na Europa demonstra que, no ano de 2015, 95,5% dos veículos de média dimensão e veículos pesados (incluindo autocarros), na União Europeia, funcionaram a diesel. Apenas 0,1% desses veículos recorreu à eletricidade e 0,3% a GPL/gás natural.

Estes dados são globais, para as categorias de veículos médios e pesados, uma vez que, não existem na União Europeia, dados unicamente relativos aos veículos de recolha de resíduos. Os veículos desta natureza passam grande parte do dia de trabalho parados ou em sucessivos para-arranca, o que gera ruído, emissões atmosféricas e o acréscimo de consumo de combustível, contribuindo para o seu impacto negativo no meio ambiente. Por essas razões, nos últimos anos, têm sido alvo de estudos, de modo a reduzir os custos operacionais associados a esta etapa da gestão de resíduos e, simultaneamente, aumentar a eficiência. Também, devido ao interesse em cumprir os limites impostos pelo Acordo de Paris, de diminuir a emissão de carbono, as tecnologias alternativas, como o gás natural comprimido, o gás natural liquefeito ou a eletricidade têm sido estudadas para dar resposta a este problema.

2.2 Conceitos e princípios da Gestão de Resíduos

A definição de *resíduo* surge na legislação pela primeira vez em 1975, na Diretiva Europeia 75/442/CEE, sendo considerados resíduos “quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”. Esta diretiva tem como objetivo regulamentar e uniformizar a gestão de resíduos em todos os países da União Europeia (UE).

Na legislação portuguesa, segundo o Decreto-Lei n.º 73/2011, atualmente em vigor, que corresponde à terceira alteração do Decreto-Lei n.º 178/2006, e transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, *resíduo* mantém a definição inicial, à qual se junta uma classificação de acordo com a sua origem, podendo ser:

- *Resíduos Industriais* – Resíduos produzidos em processos produtivos industriais, bem como o que resulte das atividades de produção e distribuição de eletricidade, gás e água;
- *Resíduos Agrícolas* – Os resíduos provenientes de exploração agrícola, pecuária ou similar;
- *Resíduos Hospitalares* – Todos os resíduos resultantes de atividades de prestação de cuidados de saúde, tanto a ser humanos como a animais, e outras atividades que envolvam procedimentos invasivos, como piercings e tatuagens;
- *Resíduos de Construção e Demolição* – Resíduos de construção, reabilitação e reparação de residências, edifícios comerciais e outras estruturas.

Quanto à perigosidade os resíduos podem ser classificados como:

- resíduos perigosos;
- resíduos não perigosos, e;
- resíduos inertes.

Os primeiros são resíduos que apresentam determinadas características de perigosidade (características constantes no mesmo decreto-lei, como ser explosivo, inflamável, cancerígeno ou corrosivo, entre outras). Os resíduos não perigosos não trazem risco à saúde pública ou ao meio ambiente. Por último, os resíduos inertes são os que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas relevantes.

Nesta dissertação vamos focar-nos nos Resíduos Urbanos (RU), podendo estes ser divididos em:

- fração orgânica, como restos de comida, papel e cartão, plásticos;
- fração inorgânica, que é composta por vidro, latas, alumínio, e;
- fluxos específicos de resíduos como pilhas e acumuladores.

Tendo em conta, o crescimento da população mundial, já referido anteriormente, é fundamental e necessário conceber legislação para estabelecer prioridades de prevenção e planos eficientes de gestão de resíduos. Esta é afetada por diversos fatores, incluindo alterações na população, na taxa de produção de resíduos, no comportamento do consumidor, no estado da economia e associadas a evoluções tecnológicas (Maimoun, M.A. [et al.], 2013). Portanto, a legislação europeia, posteriormente, é adaptada para cada país.

Atualmente, na Europa, a gestão de resíduos é baseada no princípio da hierarquia de gestão de resíduos. Este princípio é referido na Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, transposto pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, no Artigo 7.º onde se afirma que a política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar a seguinte ordem de prioridades:

- prevenção e redução;
- preparação para a reutilização, reciclagem ou outros tipos de valorização;
- eliminação.

Esta política pretende evitar e diminuir a produção de resíduos e incentivar a sua reciclagem, tanto multimaterial como orgânica. Prioriza também outras formas de valorização, como a produção de energia através da queima direta com recuperação de calor (incineração por oxidação ou pirólise) ou através de processos de gaseificação. Porém, estes processos têm algumas desvantagens, como o custo de investimento, a produção de cinzas, resíduos e emissões NO_x.

Em último lugar, na hierarquia da gestão de resíduos, encontra-se a eliminação. Mesmo quando se recorre à eliminação é necessário garantir que são utilizados processos e métodos que não colocam em risco a saúde humana e o meio ambiente, como exemplo, incineração sem aproveitamento energético e a deposição em aterro. Nos aterros é necessário controlar o biogás produzido e o lixiviado, de forma a evitar a contaminação dos cursos de água e do ar.

Com a aplicação das políticas de gestão de resíduos da UE reduziram-se os impactos dos resíduos no ambiente e na saúde e melhorou-se a eficiência dos recursos na Europa.

A Figura 2 demonstra a evolução do tratamento de resíduos na União Europeia, entre 2004 e 2014, tendo como ponto de referência o ano 2004, que equivalem a 100%, para as principais categorias de tratamento.

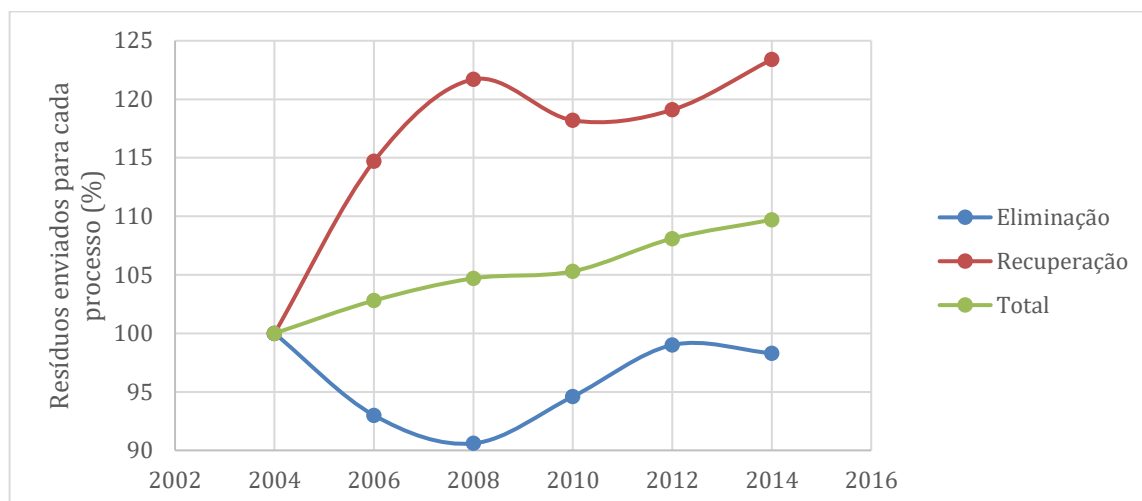


Figura 2 - Evolução da gestão de resíduos na União Europeia (Fonte: Modificada Eurostat (2018)).

A percentagem de resíduos encaminhados para processos de eliminação apresenta um valor inferior para o ano de 2014 comparativamente a 2004. Em relação a resíduos recuperados, a percentagem cresceu 23,4% de 2004 para 2014. Contabiliza-se em resíduos recuperados, os resíduos enviados para incineração com recuperação de energia, reciclados ou utilizados para enchimento, em zonas escavadas para efeitos de recuperação de encostas ou de segurança ou para fins paisagísticos.

Em Portugal, em 2014, produziram-se 9,9 milhões de toneladas de resíduos, dos quais 32% tiveram como destino final a deposição em aterro, como se observa na Figura 3.

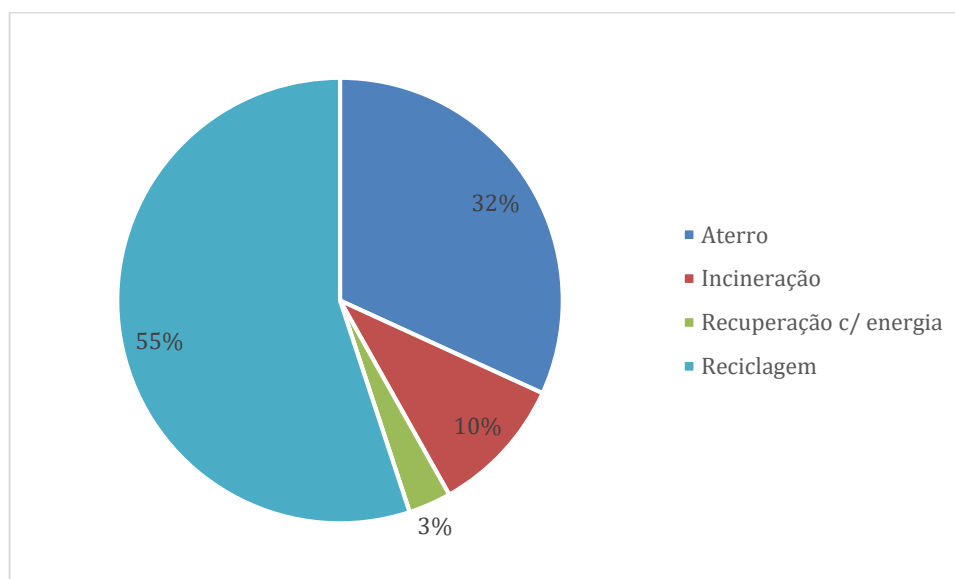


Figura 3 - Percentagem de resíduos enviada para cada operação de processamento de resíduos em Portugal, em 2014 (Fonte: Modificada Eurostat (2018)).

Como esta é a alternativa menos atrativa em termos ambientais continua a ser necessário reduzir esta percentagem.

Para tal, é necessário aplicar a legislação adequada relativamente à gestão dos resíduos de forma a cumprir medidas como: reduzir a produção de resíduos, assegurar a recolha seletiva dos resíduos, recorrer à valorização energética apenas para matérias não recicláveis e banir gradualmente a deposição em aterro de resíduos possíveis de reciclar ou recuperar (Comissão Europeia, 2017). Em Portugal, estas estratégias são definidas pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (APA, 2018).

2.3 Estratégias para diminuir as emissões associadas

Com o passar dos anos e com a evolução tecnológica, diferentes estudos avaliaram e identificaram estratégias para diminuir as emissões de poluentes atmosféricos dos veículos de recolha de resíduos. Essas estratégias passam pelo aumento da eficiência dos veículos de recolha de resíduos, pela melhoria das rotas de recolha e pela introdução de combustíveis alternativos.

- a. As estratégias para **aumentar a eficiência dos veículos de recolha** incluem medidas como: processos de transmissão avançada – tecnologia Stop/Start - desenvolvida com o intuito de reduzir a revolução do funcionamento do motor por minutos e, portanto, reduzir o ruído operacional e o consumo de combustível; utilização de materiais de construção mais leves nos veículos; aplicação de tecnologia que permite capturar e armazenar energia durante a travagem, energia esse que pode ser utilizada para iniciar a próxima aceleração do veículo, melhorando a eficiência do veículo e reduzindo o desgaste nas pastilhas de travagem simultaneamente.
- b. **A melhoria das rotas de recolha**, uma vez que um melhor planeamento das rotas de recolha pode minimizar a condução necessária e reduzir assim o consumo de combustível e a emissão de poluentes associada a este consumo (Maimoun, M.A. [et al.], 2013). Logo nas décadas de 80, 90, os sistemas de gestão começaram a ser estudados como um todo, em vez de se olhar para cada etapa do sistema separadamente, permitindo tomar decisões baseando-se em parâmetros distintos. Gottinger, H.W. (1988), MacDonald, M.L. (1996), Berger, C. [et al.] (1999) e Tanskanen, J.-H. (2000) resumiram, assim, os diferentes modelos desenvolvidos nas décadas de 1970, 1980 e início dos anos 90, demonstrando a evolução dos modelos de sistemas de gestão de resíduos ao longo dos anos.

Gottinger, H.W. (1988) focava-se apenas nos aspetos económicos do problema, sendo o principal objetivo minimizar os custos associados à gestão de resíduos municipais. De forma a evoluir os modelos de planeamento dos sistemas de gestão, MacDonald, M.L. (1996) incluía variáveis como a reciclagem e outros métodos de gestão de resíduos. Já Berger, C. [et al.] (1999) e Tanskanen, J.-H. (2000) defendem que se deve ter em consideração indicadores ambientais e sociais para além dos parâmetros económicos, de modo a tornar os modelos de gestão de resíduos mais amplos e completos. Os indicadores sociais, revelam-se de extrema importância, uma vez que, para que um sistema de gestão de resíduos seja eficaz, este tem de ser aceite pela população ((McDougall, F.R. and Hruska, J.P., 2000), (Nilsson-Djerf, J., 2000)).

Mais recentemente, também já foram estudados dispositivos de rastreabilidade, como sensores volumétricos e GPS (Global Positioning System), de modo a obter dados em tempo real. Ter conhecimento dos dados em tempo real para cada veículo e o seu nível de abastecimento, permite otimizar a distância percorrida, o número necessário de veículos e o impacto ambiental ao momento (Badran, M. and El-Haggar, S., 2006).

- c. **A substituição para combustíveis alternativos** com baixo teor de carbono geraria menos emissões de gases para a atmosfera. Alguns exemplos de combustíveis alternativos que poderiam ser adotados por veículos de recolha de resíduos incluem (Maimoun, M.A. [et al.], 2013):
- gás natural comprimido (GNC);
 - gás natural liquefeito (GNL);
 - biodiesel;
 - biogás (quando proveniente de aterro sanitário é considerado sustentável, limpo, e fonte de gás natural que pode ser usado em GNC e GNL);
 - hidrogénio;
 - éter dimetílico (DME);
 - eletricidade (quando armazenada em baterias e células).

Consoante o tipo de combustível utilizado, os impactes ambientais gerados e a quantidade de GEE emitidos irá ser diferente como o demonstraram diversos estudos com recurso a metodologias distintas, no decurso dos últimos anos.

Em 2011, alguns especialistas analisaram os efeitos da renovação da frota para veículos para gás natural na cidade de Milão, estimando uma diminuição das emissões de PM, NOx e VOC em 32%, 22% e 15%, respetivamente para 2005-2010 (Pastorello, C. [et al.], 2011). Este estudo foi realizado tendo em vista a renovação e evolução da frota de veículos, tendo como uma das principais conclusões, o reconhecimento da falta de dados experimentais e de condições operacionais muito particulares (veículos apresentam velocidades médias baixas e paragens frequentes) que não permitiriam cálculos muito precisos (Fontaras, G. [et al.], 2012).

Maimoun, Madani et al. (2016) analisaram as vantagens e desvantagens de diferentes combustíveis alternativos recorrendo ao método de Análise de Decisão Multicritério. Tiveram em atenção critérios ambientais (ciclo de vida das emissões, emissões de tubo de escape, pegada da água, densidade de potência) e económicos (custo do veículo, preço do combustível, estabilidade do preço do combustível, disponibilidade de estações de abastecimento). A pegada da água mede a quantidade de água fresca utilizada durante todo o processo, tanto direta como indiretamente (Hoekstra, A.Y. [et al.], 2009). A densidade de potência corresponde à quantidade de watts gerados por unidade de área de terra (m²) e é utilizado para comparar os combustíveis alternativos e misturas de combustíveis, uma vez que, estes podem ter diferentes origens como o biodiesel que pode ser produzido a partir de algas ou soja. A análise dos resultados mostrou que o diesel continua a ser a melhor opção, seguido pelo híbrido hidráulico, gás natural proveniente de aterro sanitário, gás natural fóssil e biodiesel. Porém, a eliminação de critérios específicos altera o resultado da matriz de decisão. Se não analisarmos os critérios pegada da água e densidade de potência dos critérios ambientais, o biodiesel apresenta uma melhor alternativa ambiental quando comparado com os restantes combustíveis fósseis (diesel e gás natural) (Maimoun, M. [et al.], 2016).

Pérez, Lumbreras et al. (2017) calcularam o impacto nas alterações climáticas, associado à recolha de resíduos sólidos municipais e a sua frota de transporte para a cidade de Madrid, utilizando o Método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Na cidade de Madrid, todos os veículos de transporte de resíduos sólidos municipais trabalham a gás natural comprimido (GNC). Se toda a frota trabalhasse a diesel, as emissões aumentariam em 18,5%. Um possível cenário estudado foi também que toda a frota de recolha

funcionasse a biogás purificado a partir da digestão anaeróbia do resíduo municipal. Neste caso, as emissões seriam reduzidas em 92% (Pérez, J. [et al.], 2017).

Outra alternativa, inovadora, é a utilização de resíduos para a produção de energia. Tradicionalmente, o método associado a esta alternativa é a incineração. Atualmente, existem outros diferentes tratamentos de resíduos que produzem energia. Estes processos são a chave para uma economia circular. Economia Circular (EC) é uma estratégia de desenvolvimento sustentável visando “fechar o ciclo” dos ciclos de vida dos produtos por meio de reciclagem ou reutilização e que traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia (Malinauskaite, J. [et al.], 2017).

Uma outra opção viável para diminuir a emissão de partículas, sem alterar o combustível utilizado é a introdução de filtros. Sandhu, Frey et al. (2016) analisaram os efeitos da introdução de medidas de controlo (filtros de partículas) no consumo de combustível e nas emissões com recurso à utilização de sistemas portáteis de medição de emissões. Os autores concluíram que o uso de filtros leva a uma redução de 90% nas emissões de partículas quando comparado com os camiões sem filtro de partículas.

Em relação à utilização de veículos elétricos, existem alguns estudos e têm surgido novas opções no mercado ao longo dos últimos anos. O mercado já apresenta vários modelos de veículos elétricos com características distintas para se adaptarem a diferentes sectores, como: sector público, sector turismo, sector agrícola e indústria e comércio. Estes veículos, devido às suas dimensões são ideais para o uso em serviços municipalizados, operações logísticas em centros históricos, serviços ambientais e recolha de resíduos, distribuição e recolha de correio, entre outros. Uma vez que são veículos elétricos não emitem CO₂ e têm reduzida emissão sonora, podem operar em locais fechados, em áreas de tráfego limitado ou em sítios onde existam restrições ambientais severas. Para além disso, algumas empresas como a empresa italiana *alkè* (2018), também comercializam em simultâneo sistemas de baterias de alta capacidade, sistemas de recarga rápido para baterias de Lítio ou *kits* de substituição rápida de baterias de modo a proporcionar operações de longa duração.

Vários estudos apontam para a possibilidade de substituição de veículos tradicionais por veículos elétricos, para diferentes sectores de atividade, como sendo o futuro, uma vez que as regulamentações ambientais são cada vez mais restritivas, em particular, nos centros urbanos.

Muñuzuri, J. [et al.] (2005) compilou uma série de soluções ou iniciativas que podem ser implementadas pelas administrações locais, com o objetivo de melhorar as entregas de mercadorias em ambientes urbanos. As soluções são divididas em diferentes temas: infraestruturas públicas, gestão do uso do solo, condições de acesso, gestão do tráfego e fiscalização e promoção.

Uma das soluções relacionada com a fiscalização e promoção é a utilização de veículos alternativos. Nesta opção, seria dado acesso prioritário a veículos com certas características relativamente ao tipo de energia consumida ou ao tipo de motor, por exemplo.

Um outro estudo realizado pela Comissão Europeia (2002) valida esta solução demonstrando os benefícios de tais veículos para a distribuição de mercadorias em zonas urbanas. Esta solução iria melhorar a qualidade ambiental, no caso de veículos híbridos ou elétricos, trabalhando com baterias ou células de combustível, diminuir os níveis de ruído no caso de veículos silenciosos, o que pode permitir entregas noturnas e a utilização de veículos de menores dimensões adequados para entrar em áreas de pedestres, em qualquer horário.

Pereira, E.M. and Silva, E.L.C. (2017) estudaram o caso específico da utilização de veículos elétricos nas operações logísticas de uma empresa, confirmando que existe uma redução de emissões de CO₂, de custos de manutenção e de abastecimentos, quando se substituem os veículos a gasolina por veículos elétricos.

Em relação a veículos totalmente adaptados a realizar a etapa de recolha de RU e capazes de competir com os atuais veículos utilizados a oferta ainda é limitada.

Atualmente, na Cidade de Londres um veículo de recolha de resíduos funciona totalmente, ainda que em fase de teste, com tecnologia elétrica, tanto na compressão de resíduos como enquanto fonte de alimentação. Este veículo já apresenta características equiparáveis aos movidos a combustível convencional, dado que é um veículo com 26 toneladas, projetado para ambientes urbanos, rotas curtas e com capacidade para realizar turnos de 10 horas. Depois da conceção e adoção deste primeiro veículo, o futuro passa por construir frotas apenas com tecnologias limpas. Porém, até a data da publicação deste estudo ainda não existem resultados publicados que retratam os resultados desta alteração (Waste Management World, 2018).

2.4 Aceitação das tecnologias alternativas

O recente aumento do custo do combustível e das taxas de produção de resíduos faz com que os sistemas de gestão de resíduos estudem alternativas mais sustentáveis dada a contínua necessidade de reduzir custos e emissões de poluentes. Partindo desse pressuposto, surge a medida já referida no subcapítulo anterior: utilização de combustíveis mais limpos ou com recurso a tecnologias alternativas.

Porém, o investimento em novas tecnologias, na área dos combustíveis, no sector da recolha de resíduos ainda é pouco visível. A escolha do tipo de combustível a utilizar necessita de ter em consideração diversos fatores, como ambientais, financeiros, operacionais e de segurança. Proceder-se a uma análise descritiva destes indicadores, nomeadamente os ambientais, operacionais e financeiros, para o gás natural e a eletricidade em substituição do diesel, e posteriormente a um inquérito a profissionais da área de forma a avaliar a importância dos mesmos.

2.4.1 FATORES AMBIENTAIS

○ Emissões associadas.

Na literatura, segundo Maimoun, M.A. (2011), as emissões de GEE relativamente à gasolina, sendo a gasolina o valor de 100%, encontram-se na Tabela 1. Segundo Larsen, A.W. [et al.] (2009) o consumo de combustível está relacionado com o tipo de habitações e a quantidade de resíduos recolhida. Este estudo demonstrou que, tendo em conta esses parâmetros, o consumo poderia variar entre 1,4 a 10,1 l diesel por tonelada de resíduos, o que faz alterar de modo significativo as respetivas emissões.

Tabela 1- Emissões de GEE, por tipo de combustível, por comparação com a gasolina. (Fonte: Maimoun, M.A. (2011))

Combustível	Emissões de GEE relativamente à Gasolina (%)
Gasolina	100
Diesel	84
Gás Natural Comprimido	85
Gás Natural Comprimido (Fonte: Aterro)	2
Gás Natural Liquefeito	91
Gás Natural Liquefeito (Fonte: Aterro)	4

Por sua vez, os veículos que utilizam a eletricidade como fonte de alimentação são considerados veículos zero emissões, dado que não emitem nenhum tipo de poluente para a atmosfera.

○ Ambiente Sonoro

De acordo com um estudo realizado pela NGVA (2017), os veículos pesados a gás natural asseguram menores níveis sonoros do que os veículos alimentados a diesel. A Figura 4 ilustra estas diferenças de nível sonoro associadas a dois veículos, do mesmo fabricante, que operam com combustíveis distintos. Os sonómetros foram colocados a diferentes distâncias, enquanto os veículos se deslocavam a 10 km/h.

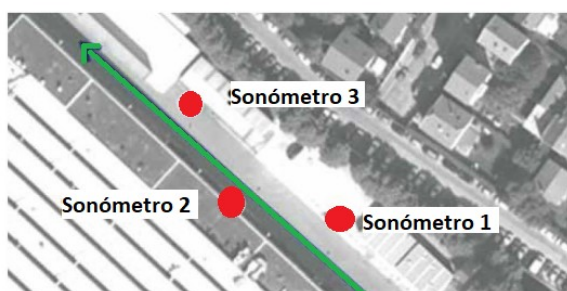


Figura 4 - Pontos de colocação dos sonómetros (Fonte: Modificada NGVA Europeia).

Analisando a Tabela 2, constata-se que os veículos movidos a GN são menos ruidosos que os diesel, apresentando diferenças superiores a 3 dB(A), o que corresponderia a uma redução de ruído para cerca de metade.

Tabela 2 - Comparação do nível sonoro entre veículos pesados a diesel e GN (Fonte: NGVA Europeia)

	Diesel dB(A)	Gás Natural dB(A)	Diferença dB(A)
Sonómetro 1	68,5	63,6	4,9
Sonómetro 2	71,7	68,5	3,2
Sonómetro 3	72,4	69,3	3,1

Em relação à utilização de veículos de recolha de resíduos totalmente elétricos, teoricamente, o único ruído emitido seria o dos resíduos a serem colocados no veículo e, posteriormente, a serem comprimidos.

Este aspeto seria bastante vantajoso, dado que a maioria das áreas urbanas impõe limitações em relação aos horários de recolha de resíduos, principalmente motivados pela preocupação com a incomodidade ao ruído da população e, com a diminuição do ruído associado a esta operação, a recolha poderia ser realizada num horário mais livre (Resource, 2018).

2.4.2 FATORES OPERACIONAIS

○ **Alcance do Veículo.**

Segundo o Vocational Energy (2010) para se deslocar a mesma distância do que os veículos que utilizam diesel, os veículos de recolha de resíduos a gás natural comprimido necessitam de um espaço do tanque quatro vezes superior, enquanto que os veículos a gás natural liquefeito exigem o dobro do espaço do tanque.

Uma das desvantagens mais apontadas para os veículos elétricos foi a reduzida autonomia. Porém, com a evolução tecnológica, as baterias já oferecem novas soluções para esse problema. Tendo em conta a capacidade do veículo e o número de baterias utilizadas, a Volvo (2018) apresenta veículos de recolha de resíduos com uma autonomia até 300 km.

● **Peso do Veículo.**

Nos veículos a GN, a necessidade de aumentar o volume do tanque para atingir a mesma autonomia dos veículos a diesel, faz com que o peso do veículo também aumente. Porém, no peso total, este aumento não é significativo, cerca de 230 kg. Dado que um veículo de recolha de resíduos pode pesar, aproximadamente, 16000 kg, esse incremento seria insignificante, apenas 1,5% (Vocational Energy, 2010).

No caso dos veículos movidos a eletricidade, estes recorrem a baterias que necessitam de espaço e têm um peso elevado. Consoante a autonomia desejada para o veículo, o número de baterias colocadas irá variar. Contudo, a utilização de um maior número de baterias faz aumentar o peso total do veículo. Comparando com os veículos que consomem combustível convencional a diferença será a dimensão do motor e as baterias ao invés dos tanques para combustível (Geesinknorba, 2018).

2.4.3 FATORES FINANCEIROS

○ **Custo do Combustível.**

Em relação ao custo e comparando com outros combustíveis tradicionais, como a gasolina e o diesel, o gás natural pode apresentar um preço entre 15 a 40% inferior (Oliveira, N.I.P., 2009). Já o preço da eletricidade, em Portugal, apresenta valores cerca de 60% inferiores (Pordata, 2017). Estes valores irão ser comparados mais pormenorizadamente no Capítulo 4.

○ **Custo do Veículo e Manutenção.**

O custo de aquisição de um veículo de recolha de resíduos a diesel é de, aproximadamente, 239 675 euros (Waste 360, 2011).

Os veículos que utilizam como fonte de alimentação GN apresentam um custo de aquisição cerca 29% superior aos veículos convencionais (Ambiente Magazine, 2016).

Nos veículos elétricos o preço é influenciado, principalmente, pelo valor das baterias, podendo variar numa ampla gama de valores.

Porém de modo, a facilitar a aquisição destes veículos, com custo bastante elevado pode se optar pela opção de *renting* (Waste 360, 2011).

Porém, devido à queima limpa, característica destas tecnologias – gás natural e eletricidade - as exigências de manutenção são menores. Os intervalos de manutenção são mais espaçados, o que contribui para um aumento do tempo de vida e apresenta, assim, menores custos de manutenção (Oliveira, N.I.P., 2009).

- **Custo das Infraestruturas.**

A utilização de gás natural ou de eletricidade como combustível necessita de pontos de abastecimento adaptados. Atualmente, em Portugal, já se torna comum a existência destas infraestruturas. Assim, os veículos a gás natural ou elétricos podem partilhar os pontos de abastecimento com as autarquias, caso estas já os possuam.

- **Incentivos**

Um dos principais obstáculos à aquisição de veículos que utilizam tecnologias alternativas, ainda é o elevado preço de aquisição dos mesmos quando comparado com os veículos convencionais. De forma a contornar este problema, alguns governos fornecem incentivos financeiros para promover o uso de energia mais limpas. Para tal recorrem a métodos como isenção de impostos, pagamento de taxas consoante a poluição emitida ou atribuição de subsídios (Lévay, P.Z. [et al.], 2017).

3

RESÍDUOS URBANOS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Esta dissertação abordará os resíduos urbanos quando produzidos e tratados em meio urbano. Prevê-se que, até ao ano de 2030, 60% da população mundial venha a habitar em áreas urbanas. Este dado, juntamente, com o esperado aumento da produção de resíduos *per capita*, e consequente aumento da poluição, leva a que seja necessário estudar atentamente este tema.

3.1 Produção de Resíduos Urbanos em Portugal

Em Portugal, a quantidade de resíduos urbanos (RU) gerados por pessoa, tem vindo a aumentar desde o ano de 2013, como se pode observar na Figura 5, o que reflete que a tendência contínua do crescimento da produção de resíduos. Contudo, verifica-se que essa mesma taxa de crescimento se tem vindo a reduzir de ano para ano.

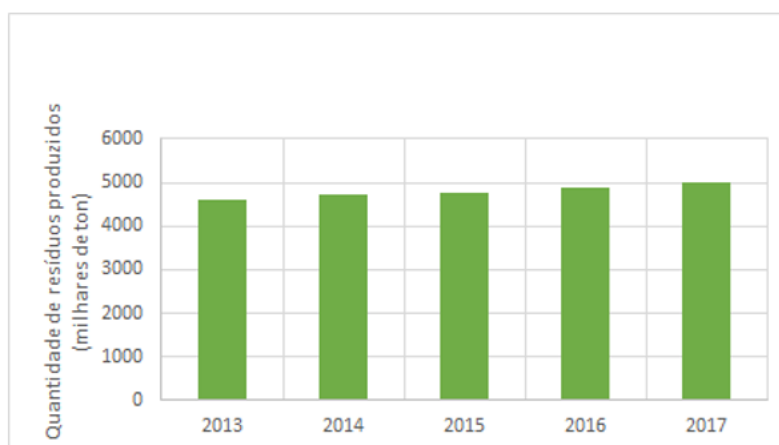


Figura 5 - Quantidade de resíduos urbanos gerados, por ano, em Portugal. (Fonte: Modificado APA (2017)).

Os resíduos urbanos produzidos podem ter grande diversidade o que se reflete nas operações de gestão de RU que, atualmente, se dividem em: aterro, tratamento mecânico e biológico, valorização orgânica, tratamento mecânico e valorização material. Esta multiplicidade de RU e os correspondentes destinos finais retratam a evolução do comportamento da sociedade, uma vez que, de acordo com os dados apresentados na Tabela 3, se regista um decréscimo apreciável da percentagem de RU que tem como destino final um aterro.

Tabela 3 - Evolução dos RU por operação de gestão, em Portugal Continental (Fonte: Modificado APA (2016)).

	2013	2014	2015	2016	2017
% Aterro	43	42	34	29	32
% Tratamento Mecânico e Biológico (TMB)	17	19	23	27	28
% Valorização Orgânica	2	2	2	2	2
% Tratamento Mecânico	7	9	10	9	7
% Valorização Material	9	9	10	11	10
% Valorização Energética	22	19	20	22	21

Constata-se, ainda que a hierarquia de gestão de resíduos demonstra alterações notórias ao longo dos anos. O tratamento mecânico e biológico consiste na separação mecânica dos resíduos indiferenciados em três categorias: matéria orgânica, materiais recicláveis e rejeitados, de maneira a dar um destino mais adequado a estes resíduos, maximização da sua valorização. A matéria orgânica é tratada de forma biológica através de compostagem e de digestão anaeróbia (biogás para produção de energia renovável), o que corresponde à valorização orgânica. Os materiais recicláveis (metais, vidro, cartão, plástico, pilhas) são enviados para reciclagem. Os rejeitados são encaminhados para aterro.

A avaliação da quantidade de resíduos que estão a ser valorizados relativamente à quantidade de RU recicláveis produzidos é medida através da taxa de preparação para reutilização e reciclagem. Este indicador é impulsionado por ações de sensibilização e informação e pelo aumento da recolha seletiva, entre outras medidas, que têm como objetivo diminuir a percentagem de deposição em aterro, como se pode observar na Figura 6 (APA, 2016):

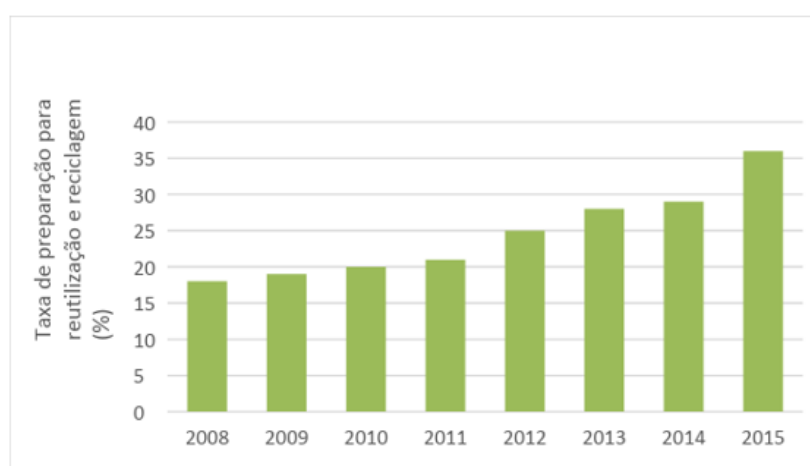


Figura 6 - Evolução da taxa de preparação de RU, para reutilização e reciclagem, entre 2008 e 2015, em Portugal Continental (Fonte: APA (2016) Modificada).

Analisando a Tabela 3 e o gráfico da Figura 6, constata-se uma evolução positiva no sentido do cumprimento das medidas definidas pela hierarquia da gestão de resíduos, uma vez que é notória uma diminuição da deposição de RU em aterros, assim como um aumento da taxa de preparação para reutilização e reciclagem.

A gestão dos RU, em Portugal, é da responsabilidade das Câmaras Municipais. Contudo, os Municípios têm a possibilidade de contratar empresas privadas para os substituírem ou auxiliar na gestão dos mesmos.

3.2 Recolha de Resíduos Urbanos

3.2.1 GENERALIDADES

O sistema de gestão de resíduos inclui etapas indispensáveis, como a recolha, transporte e transferência de resíduos urbanos. Segundo o Decreto-Lei n.º 73/2011, a recolha de resíduos é a operação de “apanha de resíduos com vista ao seu transporte”. Os resíduos necessitam de ser movimentados do ponto em que são gerados ou depositados para as instalações para processamento, tratamento e, em certos casos, posteriormente para aterro, daí advém a etapa de transporte e transferência.

Segundo Eisted, R. [et al.] (2009), a recolha dos resíduos é o ato de recolher os resíduos, cumprindo uma determinada rota. Este processo termina quando a rota terminar ou quando o veículo de recolha se encontrar cheio. O percurso do camião até ao ponto de descarga corresponde à etapa de transporte. A etapa de transferência corresponde à parte do processo em que os resíduos são transportados de unidades de gestão mais pequenas para unidades maiores. As etapas de transporte e transferência de resíduos podem ser realizadas tanto por camiões, como por comboio ou navio, dependendo das distâncias a percorrer. Porém, em Portugal, a legislação define a necessidade de autorização prévia para o transporte de resíduos de comboio ou navio.

Na Europa, existe regulamentação para controlar a transferência de resíduos (origem, destino e itinerário dessas transferências), o tipo de resíduos transferidos e o tipo de tratamento a aplicar aos resíduos no seu destino. Esta transferência chama-se Movimento Transfronteiriço de Resíduos (MTR) e rege-se pelo Regulamento (CE) n.º 1013/2006. Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 45/2008 define esta legislação para o território português.

No caso de estudo desta dissertação, os sistemas de recolha, transporte e transferência utilizados têm como recurso exclusivo o transporte rodoviário.

3.2.2 CLASSIFICAÇÃO DA RECOLHA DE RESÍDUOS URBANOS

A recolha pode ser classificada consoante o tipo de resíduos recolhidos. Assim, podemos ter uma *recolha seletiva*, quando a recolha é efetuada de forma a manter determinadas categorias de resíduos separadas por natureza com o propósito de facilitar o seu tratamento específico, ou uma *recolha indiferenciada*, recolha dos resíduos sem seleção prévia.

A recolha também varia em relação a frequência e horários de recolha, podendo ser diária, semanal, bissemanal ou mensal e diurna ou noturna. Estas opções diferem de acordo com o tipo de recolha (indiferenciada ou seletiva), o volume de RU a recolher, a composição dos RU, as características do aglomerado (urbano, rural), as características do tráfego, os hábitos da população, os custos, a proliferação de vetores de doença e os riscos para a saúde pública, assim como das condições climáticas.

As características dos veículos de recolha dependem do local onde estes atuam e devem reunir algumas qualidades relevantes, como:

- rapidez de recolha dos resíduos;
- volume máximo de transporte;
- funcionamento silencioso;
- baixos custos de manutenção e consumo de combustível.

Estes veículos são classificados de acordo com o método de descarga, o tipo de sistema de elevação dos contentores e respetiva localização.

Na Tabela 4, encontra-se resumido a classificação da etapa de recolha e de transporte de RU consoante a deposição dos resíduos, o tipo e local de recolha, os contentores de recolha, os veículos e o transporte.

Tabela 4 - Classificação da Recolha e Transporte de RU (Fonte: Beijoco, A.F.P. (2011)).

Classificação da Recolha e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos		
Deposição dos resíduos		<ul style="list-style-type: none"> ● Indiferenciada; ● Seletiva com mistura de recicláveis; ● Seletiva com separação por tipo de resíduos.
Tipo e local de recolha		<ul style="list-style-type: none"> ● Individualmente, porta a porta; ● Coletivamente, em zonas residenciais ou industriais; ● Coletivamente, em centros para depósitos de resíduos
Contentores de recolha		<ul style="list-style-type: none"> ● Contentores Isolados; ● Ecoponto; ● Ecocentros; ● Depósitos móveis.
Veículos	Caixa	<ul style="list-style-type: none"> ● Aberta; ● Fechada com zona de carregamento aberta; ● Hermética
	Carregamento	<ul style="list-style-type: none"> ● Traseiro; ● Lateral; ● Frontal; ● Superior
	Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> ● Manual; ● Mecânica, com ou sem compactação.
Transporte*		<ul style="list-style-type: none"> ● Em veículos separados; ● Comum, em compartimentos separados; ● Comum, com mistura de recicláveis

*Aplicado apenas à recolha seletiva

Na legislação, não existem, atualmente, indicações específicas acerca da eficiência do transporte de resíduos, ou seja, os operadores de gestão de resíduos não tem obrigação de cumprir qualquer limite ou atingir qualquer meta. Porém, existe, cada vez mais, uma preocupação acrescida relativa a esta temática.

Deste modo, a recolha é realizada por circuitos previamente estabelecidos pelas entidades responsáveis, tendo em atenção os aspetos económicos e ambientais.

3.3 Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos em Portugal

Com o objetivo de planear e definir estratégias e metas na área da gestão dos resíduos urbanos em Portugal surge o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU). O primeiro PERSU foi publicado no ano de 1997, tendo como período de ação os 10 anos seguintes. Este plano tinha como principais metas o encerramento de lixeiras, a construção de novas infraestruturas mais adequadas, a implementação da recolha seletiva, entre outras. Nem todas as metas foram completamente atingidas, porém, o plano foi considerado um sucesso por erradicar definitivamente a utilização de lixeiras (Nunes, B.M., 2017).

De modo a dar continuidade ao trabalho elaborado até então, foi realizado o PERSU II, que visava o período de 2007 até 2016. Este, pretendia reforçar medidas que tinham por base o princípio da hierarquia da gestão de resíduos, como reduzir, reciclar e reutilizar, com o objetivo de diminuir a utilização de aterros. O PERSU II incluía, também, estratégias para diminuir a emissão de GEE na área da gestão de resíduos devido aos compromissos definidos no Protocolo de Quioto (Trotta, P., 2011). O PERSU II descreve, ainda, o modo como os sistemas de gestão de resíduos operam em Portugal Continental.

No ano de 2015, existiam 23 sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos a cobrir o território português, sendo 12 Multimunicipais e 11 Intermunicipais, como indicado na Tabela 5. Segundo o PERSU II, os *Sistemas Intermunicipais* correspondem a “Municípios isolados ou em Associação, que poderão ter operação direta ou operação concessionada, por concurso, a uma entidade pública ou privada de natureza empresarial” e os *Sistemas Multimunicipais* são aqueles que “por atribuição ou concessão, com gestão de natureza empresarial atribuída pelo Estado a sociedades concessionárias de capitais exclusivamente, ou maioritariamente, públicos, resultante da associação de entidade do setor público, designadamente a Empresa Geral do Fomento e as autarquias”. Estes sistemas são responsáveis por assegurar um destino final adequado para os RU e para tal necessitam de possuir infraestruturas adequadas (APA, 2015).

Tabela 5 - Sistemas de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal Continental, no ano de 2015 (Fonte: APA (2015)).

Multimunicipais	Intermunicipais
Valorminho	Ambisousa
Resulima	Lipor
Braval	Resíduos do Nordeste
Resinorte	Ecobeirão
Suldouro	Resitejo
Valorlis	Ecolezíria
Ersuc	Tratolixo
Resistrela	Ambilital
Valnor	Gesamb
Amarsul	Amcal
Algar	Resialentejo
Valorsul	---

As estratégias presentes no PERSU II trouxeram visíveis alterações ao setor, como o aumento das unidades de tratamento mecânico e biológico destinadas à valorização orgânica, a melhoria nas redes de recolha, entre outras (PERSU 2020 (2012)).

Porém, no ano de 2012, com a realização de uma avaliação intercalar concluiu-se que, mesmo com a implementação de diversas medidas, nem todas as metas estavam a ser cumpridas. O uso predominante de aterros como destino final e a baixa taxa de recolha seletiva continuam a representar um problema. As entidades responsáveis optaram por reformular o PERSU, com metas mais realistas, apontando para o ano de 2020.

O PERSU 2020 engloba medidas já abordadas anteriormente, como a diminuição da produção de resíduos urbanos, o tratamento e/ou preparação adequada dos resíduos de modo a poderem ser reutilizados e/ou reciclados, a redução da deposição em aterros, entre outras (Russo, M., 2011).

Neste documento, é possível encontrar um mapa com a localização dos sistemas de gestão de resíduos urbanos e das infraestruturas de tratamento e/ou deposição de resíduos para dezembro de 2013 – Figura 7.

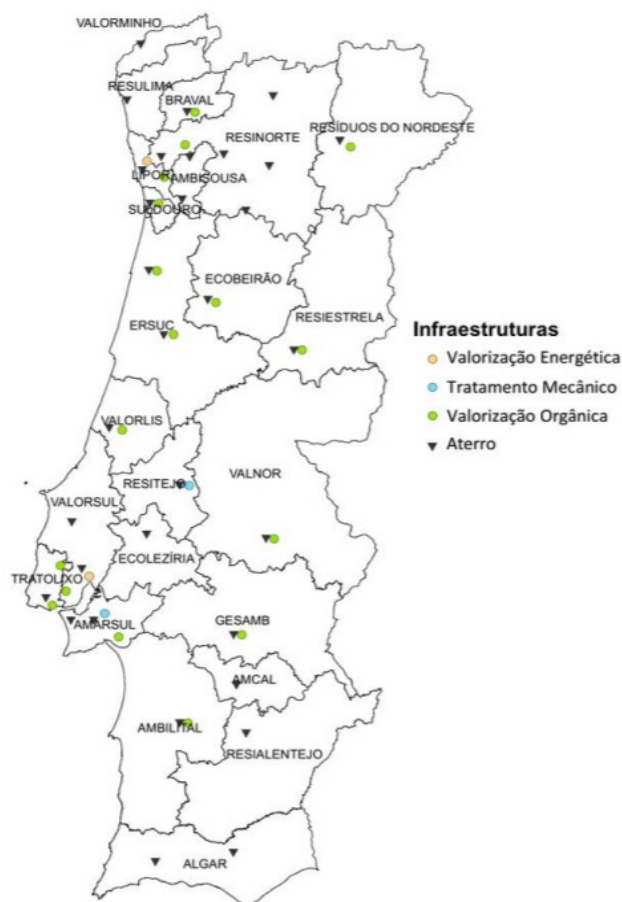


Figura 7- Mapa dos SGRU e das infraestruturas de tratamento/deposição em Portugal Continental, em dezembro de 2013 (Fonte: Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território e Energia (2014)).

Como é possível observar na Figura 7, a maior parte dos sistemas de gestão de resíduos urbanos (SGRU), tem ao seu dispor um aterro, à exceção de alguns casos. Apenas os SGRU, na área de Lisboa e do Porto oferecem múltiplos tipos de infraestruturas. Pela observação da mesma figura conclui-se também que, além da etapa de recolha, por vezes, e dependendo do local desta, os veículos necessitam de percorrer longas distâncias para transportar os resíduos para o seu destino final. Consequentemente, quanto maior a distância percorrida, maior é o gasto de combustível e, portanto, maior será a emissão de GEE, de outros poluentes atmosféricos e de ruído.

Atualmente, a gestão dos resíduos passa não só pela mitigação dos impactos negativos associados a esta atividade, mas também pelo aproveitamento e pela otimização dos recursos materiais e energéticos. Esta abordagem tem por base o conceito de economia circular. Daí, surge a necessidade de construção de novas infraestruturas.

Para o futuro, o PERSU 2020 continua a basear-se nesta nova visão em que os resíduos são vistos como recursos. Uma das metas continua a ser a redução da utilização de aterros, e até mesmo a sua erradicação até 2030, para tal a aposta passa por ações de informação aos cidadãos de forma a aumentar a separação e consequentemente a reciclagem (Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território e Energia, 2014).

4

CASO DO ESTUDO: MUNICÍPIO DO PORTO

No presente capítulo, apresenta-se a caracterização do sistema de recolha de resíduos no município do Porto. Em particular é feita a análise da frota utilizada neste município, tanto no que se refere ao tipo de veículos utilizados como às potenciais emissões que decorrem da sua utilização na operação de recolha de resíduos urbanos. Pretendem-se identificar as potenciais alterações nas emissões de CO₂, caso se utilizassem combustíveis alternativos – gás natural e eletricidade – nos veículos de recolha de resíduos. A metodologia utilizada assentou em pesquisa bibliográfica de estudos já realizados sobre o tema.

4.1 Caracterização do município do Porto

O município do Porto encontra-se dividido em sete freguesias: União das Freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde; Bonfim; Campanhã; União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória; União de Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos, Paranhos e Ramalde (Figura 8).

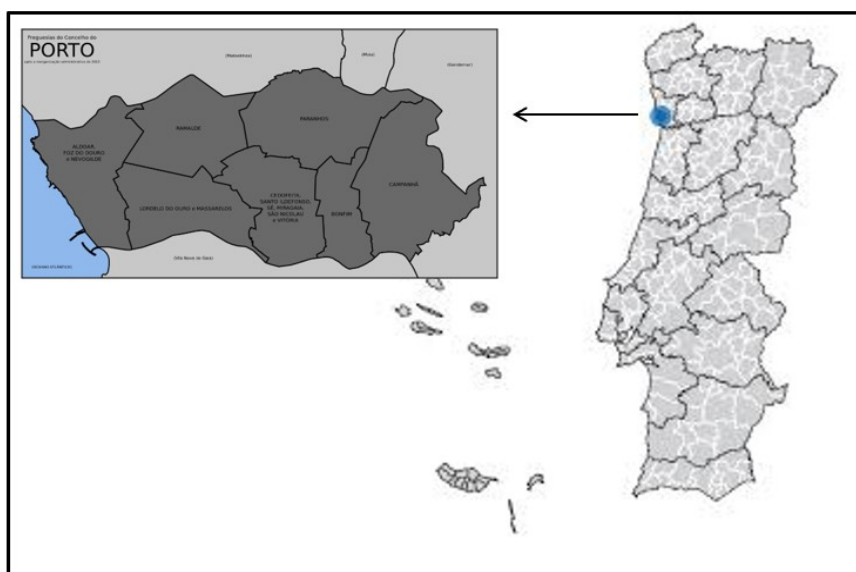


Figura 8 - Localização do município do Porto e respetivas freguesias (Fonte: Modificada Gazilion (2013) e Porto Património (2011)).

Este município confronta com os concelhos de Gondomar, a Este, Maia e Matosinhos, a Norte, e com o rio Douro a Sul, ocupando uma área de 41,42 km². Segundo os Censos 2011, a população do concelho do Porto era de 237 591 habitantes (INE, 2011), tendo, portanto, uma densidade populacional de 5 736 hab/km².

A Câmara do Porto disponibiliza na sua página online dados que indicam que a Porto Ambiente gere, por ano, mais de 140 000 toneladas de resíduos, num concelho que além dos residentes habituais tem cerca de 180 000 habitantes que apenas trabalham ou estudam na cidade (Câmara Municipal do Porto, 2018a).

Para simplificar a recolha de resíduos urbanos, existem por toda a cidade, mais de 5 700 contentores e 974 Ecopontos que tornam a separação e a recolha fácil e acessível (Câmara Municipal do Porto, 2018b), embora impliquem um esforço acrescido na circulação de veículos de recolha de resíduos urbanos.

4.2 Análise da frota de recolha de resíduos urbanos

A frota de veículos de recolha de resíduos urbanos da cidade do Porto, em 2015, envolvia a utilização de 67 veículos destinados à Recolha indiferenciada (87%) e à Recolha Seletiva (13%). Destes veículos cerca de 45% são propriedade da própria autarquia e 55% de concessionários que fazem recolha.

De modo a caracterizar a frota de veículos em estudo, analisaram-se determinadas características da mesma, como a idade média dos veículos, o tipo de combustível utilizado, o consumo e a quilometragem média por veículo.

Na Figura 9, encontra-se a quantidade de veículos, pertencentes à frota de recolha de resíduos urbanos da cidade do Porto no ano de 2015, agrupada por intervalo de idade dos veículos por tipo de combustível utilizado.

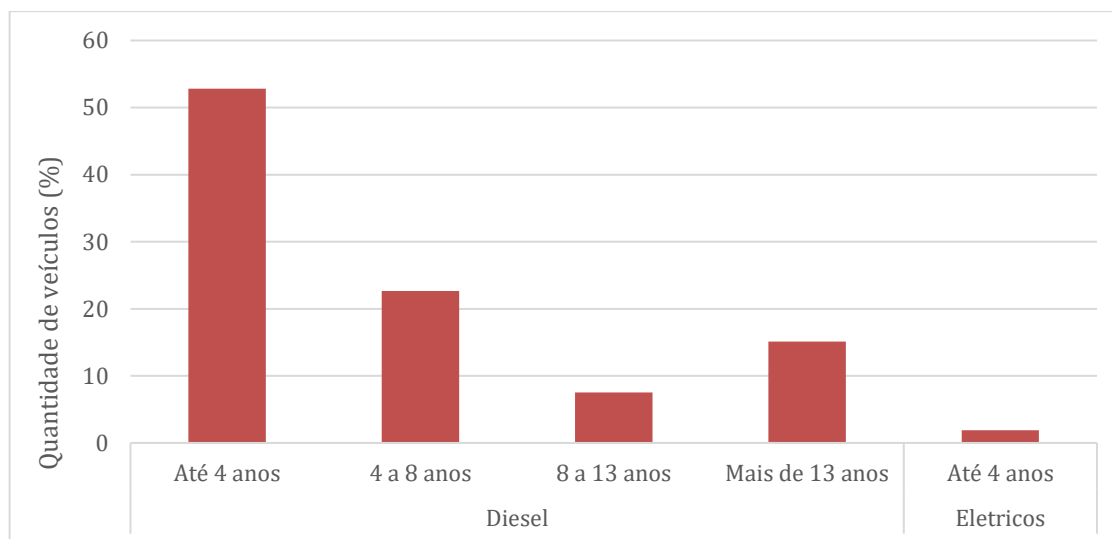


Figura 9 - Intervalo de idade dos veículos por tipo de combustível utilizado.

A frota de veículos de recolha de resíduos do município do Porto é constituída, na sua maioria, mais de 50%, por veículos a diesel com idade até 4 anos.

A utilização de combustíveis limpos ainda é pouco notória, apenas possuem um veículo que é utilizado em situações muito pontuais, nomeadamente à lavagem do espaço público, recolha de resíduos orgânicos no centro histórico e manutenção das áreas ajardinadas em zonas com prevalência turística (Figura 10).



Figura 10 - Veículo elétrico utilizado no Município do Porto.

No panorama geral, a frota apresenta veículos bastante recentes, tendo estes uma média de idades de apenas 4 anos, considerando que os dados tratados neste estudo são representativos do ano de 2015.

Contudo, cerca de 25% da frota apresenta idades superiores a 8 anos, o que ultrapassa o tempo médio de vida útil para os veículos a diesel, uma vez que segundo Le Bozec, A. (2004), o tempo médio de vida útil de um veículo de recolha de resíduos é de 7 anos. Estes veículos, idealmente, já deveriam ter sido substituídos.

Tendo em conta o ano de fabrico de cada veículo, é possível saber a Norma Europeia que tiverem de respeitar em termos de emissões atmosféricas. Estas normas, estabelecidas pela União Europeia pelo Regulamento (CE) nº 2016/646 da Comissão, permitem limitar as emissões com cariz prejudicial para a saúde humana para veículos alimentados a gasolina ou diesel e representam o padrão europeu de emissões para veículos novos. Em 1988 foi criada a primeira diretiva, a EURO 0, desde então as normas têm-se tornado mais restritivas, existindo a EURO I, II, III, IV, V e VI. Esta legislação utiliza diferentes parâmetros consoante o tipo de veículo, veículos ligeiros ou pesados.

Posto isto, agrupou-se os veículos segundo a Norma Europeia correspondente, Tabela 6.

Tabela 6 - Características da frota de veículos do município do Porto.

Norma Europeia	Número de veículos	Ano médio	Tipo de Combustível	Abastecimento / Consumo (l) médio por veículo	Quilómetros percorridos (km) médios por veículo
Euro II	7	1998	Diesel	4460	8764
Euro III	4	2002	Diesel	9526	12680
Euro IV	1	2006	Diesel	4895	6874
Euro V	12	2010	Diesel	4764	7453
Euro VI	28	2014	Diesel	4757	7480

Precedendo, a uma análise comparativa entre a idade dos veículos utilizados com a distância percorrida pelos mesmo, obtemos a Figura 11.

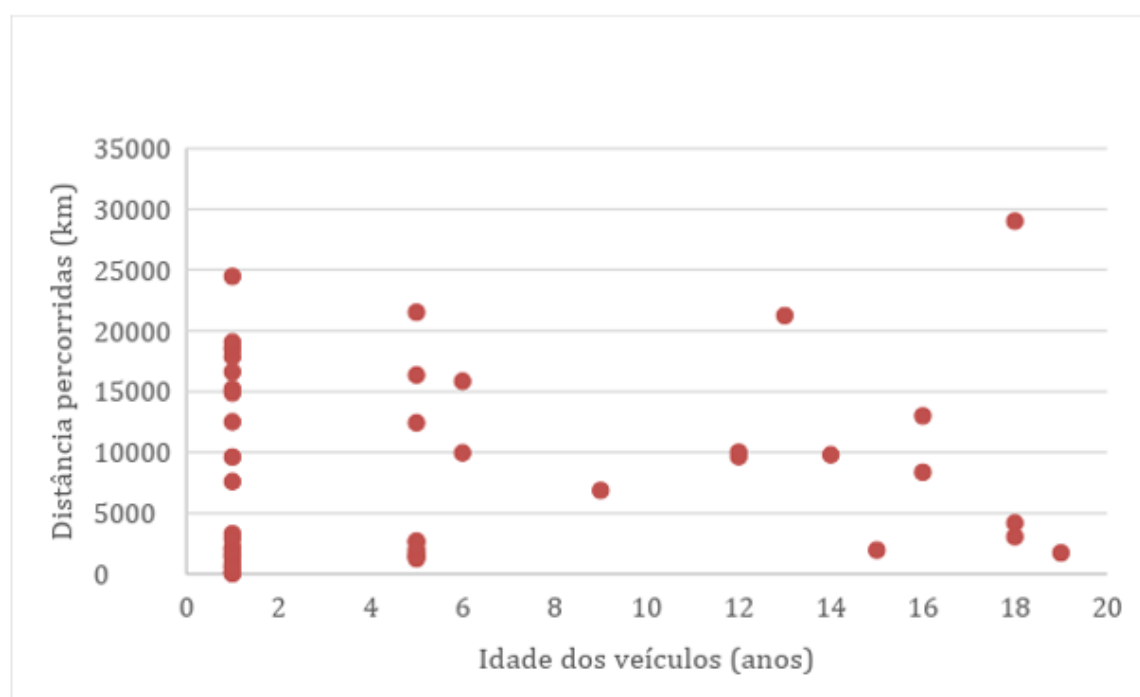


Figura 11- Relação entre a idade dos veículos e a sua distância percorrida.

De uma forma geral, os veículos com mais idade (mais de 8 anos), são os que somam menos quilómetros percorridos, tirando casos pontuais, como um veículo com 18 anos que corresponde ao que fez mais quilometragem em 2015.

Uma vez que, a idade é um fator que, agregado a outros (como a quantidade de resíduos transportada e a fluidez do tráfego rodoviário, por exemplo), influenciam os consumos dos veículos, é de esperar que

os veículos com maior idade sejam poupados na atividade diária. Para além de que estes acarretam potencialmente maiores custos de manutenção.

4.3 Emissões de CO₂

Para este estudo, apenas foi tida em consideração a quantidade de CO₂ emitido durante a utilização do veículo (operações de recolha e transporte), tendo em atenção o tipo de combustível utilizado.

Na Tabela 7 encontram-se as emissões resultantes da circulação dos veículos, agrupadas pela correspondente Norma Europeia, e as emissões médias de CO₂ por distância percorrida. Para uma avaliação mais completa deveriam ser analisados os valores de resíduos recolhidos por quilómetro percorrido, dado que como esta informação poder-se-ia analisar a relação deste parâmetro com a quantidade de CO₂ emitido, porém não foi possível ter acesso a essa informação mais detalhada.

Tabela 7 - Emissões de CO₂ da frota de recolha e transporte de resíduos urbanos do Porto no ano 2015.

Norma Europeia	Ano de início da classificação Euro correspondente	Número de veículos	Tipo de Combustível	Emissões de CO ₂ (kg CO ₂)	Emissões média de CO ₂ /km por veículo (kg CO ₂ /km)
Euro II	1996	7	Diesel	83529	1,48
Euro III	2000	4	Diesel	101948	2,02
Euro IV	2005	1	Diesel	13097	1,91
Euro V	2008	12	Diesel	152937	1,61
Euro VI	2013	28	Diesel	356348	1,69
-	2014	1	Elettricidade	0	0
Total				707859	

Uma análise da quantidade média de CO₂ emitida por quilómetro percorrido por cada veículo, permite observar que, contrariamente ao esperado, os veículos Euro III apresentam o valor mais elevado e os veículos Euro II apresentam o valor mais reduzido. Estes valores poderão ser justificados pelas diferentes características dos veículos em estudo, como o volume da caixa, a dimensão e peso e o tipo do motor, além de se salientar que a utilização destes últimos veículos é reduzida e apenas se faz em rotas curtas (cerca de 5 km), o que não permite tirar conclusões absolutas e generalizadas. De um modo geral, os veículos pesados da categoria Euro III da frota em análise apresentam maiores dimensões (tonelagem) do que os pertencentes à categoria Euro II, segundo os dados reais cedidos pela Câmara Municipal do Porto.

4.4 Alteração do tipo de tecnologia utilizada

Esta estimativa, recai sobre a possibilidade de o município querer renovar a frota, não alterando a sua rota de recolha, apenas o tipo de tecnologia utilizada pelo veículo. Assim, será analisada a opção de substituição de veículos a diesel por veículos que utilizam uma tecnologia mais limpa: a eletricidade. Estas alternativas envolvem a compra de novos veículos, adicionando encargos financeiros. Desta forma é feita uma análise económica, para além da análise ambiental.

4.4.1 IMPACTO AMBIENTAL

Como referido anteriormente – Capítulo 3, as vantagens decorrentes da utilização da eletricidade como fonte de alimentação nos veículos de recolha de resíduos são significativas. Contudo, o facto de ser considerado um veículo zero emissões é a vantagem mais atrativa.

Porém, esta consideração só é válida quando se tem em conta apenas as emissões geradas durante a utilização do veículo. Se a análise for do ciclo de vida completo, ou seja, tendo em conta todas as etapas da sua produção, desde a extração das matérias-primas até à sua deposição final as emissões de CO₂ não são zero (Beer, C. [et al.], 2010), uma vez que, de um modo geral, a produção de eletricidade implica a emissão de CO₂.

Portanto, tendo em conta as emissões associadas à utilização da eletricidade como combustível, procurou-se analisar qual seria a variação de CO₂ produzido quando se substituisse a frota atual por uma frota com mais veículos elétricos.

O método adotado consistiu em avaliar a variação do CO₂ produzido pela frota de 2015 caso esta fosse, sucessivamente, substituída por veículos elétricos (VE). Assumiram-se vários cenários que incluíam a alteração dos veículos, começando pelos Euro II até aos restantes (Euro III e Euro IV), porém não se coloca a hipótese de substituição dos veículos EURO V e o EURO VI, dado que a média de idade dessas frotas já está nos valores médios dos veículos a diesel.

No ponto de partida desta análise a frota de recolha de RU inclui um veículo elétrico, o que corresponde a, aproximadamente, 1,9% do total de veículos em estudo. A substituição dos veículos Euro II, por veículos elétricos, aumentaria a taxa de penetração de veículos limpos para 15%, fazendo diminuir a emissão de CO₂ de 708 para 624 toneladas. Com a alteração dos veículos considerados Euro III, a quantidade de CO₂ reduziria, ainda mais, para 522 toneladas, o que corresponde a uma percentagem de VE de aproximadamente 23%. Os veículos Euro IV estão pouco presentes nesta frota (apenas 1 unidade), portanto, a sua substituição, apenas conduziria a uma diminuição de 522 para 509 toneladas de CO₂ emitido, aumentando a taxa de penetração do VE para, cerca de 25% da frota total. O resultado estimado, em relação à provável emissão de CO₂, decorrente da substituição parcial da frota atual, encontra-se na Figura 12.

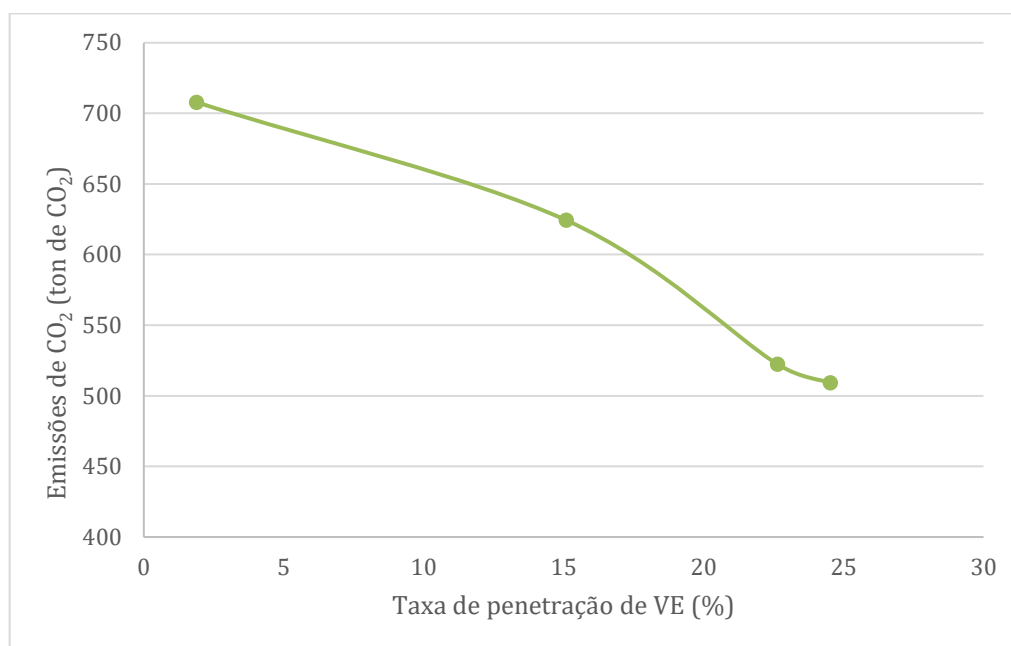


Figura 12 - Variação na emissão de CO₂ tendo em conta a taxa de penetração de VE, na frota de 2015, do Município do Porto.

Esta alteração da frota de recolha de resíduos do município do Porto traria vantagens inegáveis, tornando-a ambientalmente mais sustentável, e estaria em acordo com as medidas de redução de GEE implementadas, como o Acordo de Paris.

4.4.2 IMPACTO FINANCEIRO

A análise anteriormente apresentada só contabiliza os ganhos em termos ambientais, como tal é necessário conhecer o esforço financeiro necessário para a sua efetiva concretização.

Em termos financeiros, a taxa de esforço necessária para tal alteração pode não ser compensatória ou exequível, podendo necessitar que esse esforço seja diluído ao longo de vários anos.

Para tal, recorreu-se a uma adaptação do modelo de Ahani, P. [et al.] (2016) para calcular o custo total associado a uma situação hipotética em que se utilizaria em conjunto veículos a diesel e elétricos, tendo em consideração valores ambientais, operacionais e económicos.

De modo a calcular o custo total (CT) recorreu-se à seguinte fórmula:

$$CT=CI-RV+CE+CM+CC \quad (1)$$

em que,

- CI corresponde ao custo de investimento pelo número de veículos a comprar (€);
- RV é o valor das receitas dos veículos salvados, ou seja, da venda dos veículos que se pretende retirar da frota (€);
- CE corresponde ao valor taxado por emissão de CO₂ (€/km);
- CM é o custo associado à manutenção do veículo (€/km);
- CC é o valor gasto em combustível (€/km).

Para estudar o impacto financeiro, assumiu-se que o município do Porto pretende substituir, sequencialmente, todos os veículos, iniciando essa substituição pelos veículos classificados, segundo a Norma Europeia, como Euro II por veículos com capacidade semelhante, elétricos. Estes veículos, além de mais poluentes, apresentariam custos de manutenção mais elevados e já ultrapassaram o seu tempo médio de vida útil, por bastantes anos.

De modo a calcular o Custo Total (CT) desta operação foi necessário estabelecer determinados parâmetros:

- Segundo Lebeau, P. [et al.] (2015), a taxa de depreciação de um veículo a diesel é de 18,57% por ano, este valor é necessário para calcular o valor das receitas da venda dos veículos atualmente usados na frota (valor residual do veículo);
- Outro parâmetro a ter em conta é o custo total de manutenção (CM) dos veículos pesados, de acordo com Lee, D.-Y. [et al.] (2013), o custo total de manutenção de veículos elétricos pode ser metade do custo da manutenção de veículos pesados a diesel. Acresce o facto de que, o custo de manutenção de um veículo cresce quase linearmente com a idade desse veículo. Assim, utilizam-se as funções lineares, presentes na Tabela 8, para estimar os custos de manutenção de veículos;
- Assume-se, ainda, que o custo das emissões de CO₂ associados a estes veículos é de 20 euros por tonelada de CO₂ (Oberthur, S. and Oberthür, S., 2010);
- Para o custo de combustível associado aos veículos a diesel, consideraram-se os valores reais de consumo da frota de 2015 do município do Porto. Uma vez que se teve conhecimento da quantidade de combustível consumida por cada veículo (em litros) e considerando o custo do diesel, atualmente, de aproximadamente, 1,50 euros por litro (MaisGasolina (2018)), procedeu-se ao cálculo do custo médio de combustível para este tipo de veículos em concreto.

Os principais dados e parâmetros necessários para o cálculo apresentam-se sintetizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros considerados no cálculo do impacto financeiro na frota de 2015 do município do Porto.

Tipo de Veículo	Diesel	Elétrico
Custo de Combustível	0,919 €/km	0,038 €/km*
Custo de aquisição	220000**	312750
Custo de manutenção	0,02 + 0,01x Idade	0,01 + 0,005 x Idade
Custo de emissão de CO₂	20 €/ton CO ₂	

*Ahani, P. [et al.] (2016)

**Fonte: Marissa Moultaq, N.L., Dale Hall (2017)

Tendo em conta, as equações e valores referidos anteriormente, procedeu-se ao cálculo do custo total da substituição dos veículos atuais por veículos elétricos, tal como explicado no ponto anterior.

De uma forma resumida, pode-se sistematizar o resultado do impacto ambiental e financeiro, segundo a classificação dos veículos utilizados, conforme se pode observar na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores obtidos da substituição da frota de 2015 do município do Porto.

	Euro II	Euro III	Euro IV	Total
Nº de veículos a substituir	7	4	1	12
Impacto ambiental (redução de ton CO₂ emitido)	- 84	- 102	- 13	- 199
Impacto financeiro (euros)	2 483 287 €	1 481 669 €	568 178 €	4 533 134 €

Em relação às emissões de CO₂ e não considerando as emissões de CO₂ para a produção de eletricidade, a poupança resultante da substituição dos veículos Euro II, Euro III e Euro IV seria de 199 toneladas de CO₂ para o ano de 2015. Em contrapartida, o custo total desta operação, consoante a opção seleccionada, pode ir desde 2 483 287 a 4 533 134 euros.

5

INQUÉRITOS

Com a análise da frota de recolha de resíduos no município do Porto, foi possível concluir que a taxa de penetração dos VE é praticamente nula, o que se compreende devido ao impacto financeiro, mesmo perante as vantagens referidas anteriormente. Posto isto, e uma vez que os municípios podem ter um papel ativo nesta mudança, passa-se a uma segunda fase do caso de estudo que tem como principal objetivo entender as razões dos veículos que utilizam combustíveis limpos não estarem mais enraizados no panorama atual de Portugal.

5.1 Introdução

A avaliação das frotas de veículos de recolha de resíduos em determinados municípios de Portugal Continental concretizou-se com recurso a um inquérito. O mesmo foi realizado tendo como base diferente revisão de literatura, assim como as referências existentes ((WHO, 1996), (Nunes, B.M., 2017)). Na elaboração do inquérito, para questões de natureza estrutural do mesmo teve-se o apoio de elementos da Faculdade de Psicologia da Universidade do Porto.

Os inquiridos foram abordados via e-mail, preenchendo de forma voluntária os inquéritos com conhecimento prévio do objetivo final dos mesmos. A duração do inquérito era de, aproximadamente, 10 minutos. Todas as respostas obrigavam à identificação do município e/ou da empresa contratada, sendo também pedido um e-mail para futuro contacto. Registaram-se as respostas, assim como os comentários expressos pelos participantes fora do preenchimento do inquérito, nomeadamente sobre lapsos no mesmo ou perguntas que não se adequavam a sua situação, visto que os mesmos contêm opiniões importantes para a compreensão dos resultados obtidos.

Para além das questões relativas à caracterização da frota de veículos de recolha de resíduos de municípios, o inquérito pretende avaliar o nível de conhecimento dos municípios/empresas contratadas sobre a utilização de veículos elétricos e veículos a gás natural, questionando as suas vantagens e desvantagens face aos veículos de combustível convencional (gasolina e diesel).

5.2 Conceção do inquérito

5.2.1 PRINCÍPIOS

A realização do inquérito foi feita de modo a ser acessível a qualquer pessoa, mesmo sendo o objetivo direcioná-lo para operadores da área.

Assim, considerou-se todos os aspetos do questionário, desde a ferramenta selecionada para o seu preenchimento ao tipo de vocabulário utilizado, de forma a ser simples e abrangente.

O questionário foi desenvolvido na plataforma Google Formulários. Esta tecnologia suporta o carácter prático e acessível do questionário, possibilitando o seu acesso em qualquer ponto com acesso a internet.

Visto ser necessário obter um número considerável de participantes para viabilizar a análise estatística, esta plataforma facilita e acelera o processo de recolha e tratamento de dados (Brito, L., 2012).

No presente estudo foram utilizadas questões de três tipos diferentes: itens de resposta aberta, itens de seleção e itens de escala de avaliação. Nas questões de resposta aberta, o inquirido responde sem ter que escolher entre alguma das opções pré-definidas. Este tipo de perguntas é nos útil para recolher informações/opiniões que não seria possível recolher de outra forma. Porém, a sua análise e interpretação é bastante mais complicada uma vez que o leque de respostas é bastante diversificado (Brito, L., 2012).

Nas perguntas de escala de avaliação é permitido responder com:

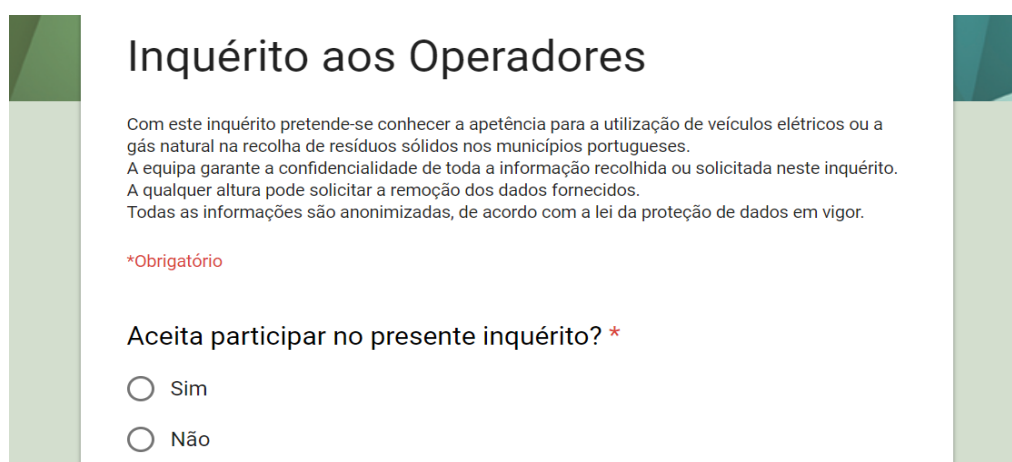
- Não relevante
- Pouco relevante
- Relevante
- Muito relevante
- Não sei/Não respondo

Estas perguntas foram utilizadas para compreender a importância de certas vantagens e desvantagens, já referidas anteriormente, em relação à utilização de veículos de recolha de resíduos a gás natural e elétricos. A opção “Não sei/Não respondo” permite ao entrevistado recusar-se a responder à questão em relação ao tema apresentado.

5.2.2 PROCESSO DE FORMULAÇÃO E SELEÇÃO DAS QUESTÕES

A construção do inquérito partiu de perguntas que foram selecionadas e ajustadas ao objetivo específico deste estudo.

O formulário inicia com uma introdução, a qual tem como função dar a conhecer o objetivo do inquérito ao inquirido e informar que os dados recolhidos serão mantidos em sigilo, uma vez que apenas serão publicados os dados tratados, assegurando a confidencialidade (ver Figura 13).



Inquérito aos Operadores

Com este inquérito pretende-se conhecer a apetência para a utilização de veículos elétricos ou a gás natural na recolha de resíduos sólidos nos municípios portugueses.
A equipa garante a confidencialidade de toda a informação recolhida ou solicitada neste inquérito.
A qualquer altura pode solicitar a remoção dos dados fornecidos.
Todas as informações são anonimizadas, de acordo com a lei da proteção de dados em vigor.

***Obrigatório**

Aceita participar no presente inquérito? *

☐ Sim

☐ Não

Figura 13 - Painel inicial do inquérito.

De seguida, o inquérito abrange diferentes áreas temáticas, estando dividido em quatro secções distintas. Estas secções foram definidas de acordo com os objetivos traçados para este estudo:

1. Caracterização do Operador e do Município

De modo a caracterizar o operador ou município foram colocadas questões sobre:

- período de recolha;
- tipo de resíduos recolhidos;
- destino de resíduos recolhidos;
- distância do local de deposição final dos resíduos.

Nesta secção do inquérito todas as perguntas são de resposta fechada. Estas perguntas têm como objetivo analisar parâmetros que têm influência direta na quantidade de dióxido de carbono emitido. O período de recolha é relevante uma vez que, dependendo das horas da mesma, os veículos estão sujeitos a diferentes intensidades de trânsito rodoviário que, quando de grande congestionamento, aumentam o tempo necessário para realizar a rota e, como tal, implicam maior libertação de CO₂.

Com o tipo de resíduos recolhidos e o destino dado aos mesmos é possível analisar a preocupação do município e/ou operador em seguir a hierarquia da gestão de resíduos e a sua preparação para a recolha seletiva, ao invés da recolha indiferenciada.

A distância do local de deposição permite avaliar os quilómetros a realizar, pelo operador e/ou município responsável, para levar os resíduos ao seu destino final e, como tal, a relevância da proximidade ou distância desse destino para o consumo de combustível e emissões associadas.

2. Caracterização da Frota

Para caracterizar a frota, foram colocadas as seguintes perguntas:

- Número total de veículos;
- Número de veículos por tipo de combustível, diesel, elétrico, gás natural comprimido, gás natural liquefeito, ou outro;
- Idade média da frota, por tipo de veículos.

Esta secção permite caracterizar o estado atual da frota de cada município, tendo em conta o número de veículos por tipo de combustível e a correspondente idade média. Com esta informação analisa-se, um dos principais pontos deste estudo, a utilização de veículos que utilizam combustíveis alternativos nas frotas de recolha de resíduos.

3. Opinião sobre a utilização de veículos elétricos ou a gás natural

Para entender a opinião do inquirido sobre a utilização de veículos elétricos, apresenta-se uma listagem de obstáculos à sua utilização (o custo de aquisição, a autonomia, o tempo de carregamento, a necessidade de postos de carregamento, o tempo de vida útil das baterias), e questiona-se qual a relevância de cada aspeto. Esta listagem foi efetuada com base na revisão de literatura acerca do tema. O inquirido pode optar pelas respostas: não relevante, pouco relevante, relevante, muito relevante e não sei/ não respondo. Numa resposta curta, o inquirido tem também a oportunidade de identificar outro obstáculo que ache relevante.

Procedeu-se ao mesmo método para entender quais as vantagens que os inquiridos acham relevantes na utilização de veículos elétricos, dando como exemplo a redução da poluição, a redução dos custos de utilização, a condução silenciosa, a redução de impostos e o direito a incentivos. Esta listagem foi efetuada com base na revisão de literatura acerca do tema.

Em relação aos veículos a gás natural, seguiram-se os mesmos princípios. No entanto, os principais obstáculos apontados pela literatura foram: o custo de aquisição, a autonomia, a dificuldade de abastecimento, existência de postos de abastecimentos e, portanto, foi sobre estes que se solicitou a opinião do inquirido. À semelhança do realizado para os veículos elétricos, também nesta parte do inquérito foi dada a hipótese de indicarem outros obstáculos que achem relevantes. As vantagens em relação aos veículos a gás natural são semelhantes às vantagens indicadas para os veículos elétricos.

4. Planeamento da Frota

Esta secção do inquérito visa estudar o planeamento da frota, para isso os inquiridos são questionados sobre a forma como adquiriram os veículos elétricos e/ou gás natural que fazem atualmente parte da sua frota, além de se ter questionado se preveem a compra de novos veículos para a frota.

Também é perguntado qual a utilização prevista para os veículos elétricos ou a gás natural, se são maioritariamente utilizados para recolha de resíduos indiferenciados, para recolha seletiva ou com outro fim.

5.3 Estrutura Final do Inquérito

Na Tabela 10 encontra-se a estrutura final do inquérito, é também possível aceder ao mesmo através do link: <https://goo.gl/forms/Hlek9moBUw53RMtt2>. (Ver Anexo I)

Tabela 10 - Estrutura Final do Inquérito.

Secção	Questão	Tipo e conteúdo da resposta
1. Caracterização do Operador e do Município	1- Operador	Item de seleção: Município; Empresa Municipal; Empresa Privada.
	2- Qual o município ou empresa?	Item de resposta aberta
	3- Conselho de atividade	Item de resposta aberta
	4- Período de recolha	Item de seleção: 07-10h; 10-17h; 17-20h; 20-23h; 23-07h; Outro.
	5- Tipo de resíduos que recolhe	Item de seleção: Indiferenciado; Papel e Cartão, Plástico e Metal; Vidro; Outro. Qual?
	6- Destino dos resíduos	Item de seleção: Aterro sanitário; Empresas de reciclagem; Incineração; Outro. Qual?
	7- Distância do local de deposição	Item de seleção: Dentro do município; Até 10 km; Entre 10 e 25 km; Entre 25 e 50 km; Mais de 50 km.

2. Caracterização da Frota	8- Número total de veículos	Item de resposta aberta
	9- Número de veículos, por tipo de combustível	Item de seleção: 1 a 5; 6 a 10; 11 a 20; 21 a 30; 31 a 40; 41 a 50; Mais de 50.
	10- Idade média da frota, por tipo de veículo	Item de seleção: Até 4 anos; 4 a 8 anos; 8 a 13 anos; mais de 13 anos.
3. Opinião sobre a utilização de veículos elétricos ou a gás natural	11- Principais obstáculos à utilização de veículos elétricos na recolha de resíduos sólidos	Item de escala de avaliação: Não relevante; Pouco relevante; Relevante; Muito relevante; Não sei/não respondo.
	12- Principais vantagens à utilização de veículos elétricos na recolha de resíduos sólidos	Item de escala de avaliação: Não relevante; Pouco relevante; Relevante; Muito relevante; Não sei/não respondo.
	13- Principais obstáculos à utilização de veículos a gás natural na recolha de resíduos sólidos	Item de escala de avaliação: Não relevante; Pouco relevante; Relevante; Muito relevante; Não sei/não respondo.
	14- Principais vantagens à utilização de veículos a gás natural na recolha de resíduos sólidos	Item de escala de avaliação: Não relevante; Pouco relevante; Relevante; Muito relevante; Não sei/não respondo.
4. Planeamento de frota	15- Modo de aquisição dos veículos elétricos ou a gás natural	Item de seleção: Compra direta; Comparticipação do Estado; Fundos nacionais; Fundos europeus; Outro.
	16- Previsão de aquisição de novos veículos	Item de seleção: Diesel; Elétricos; Gás natural; Outro.
	17- Utilização prevista para os veículos elétricos ou a gás natural	Item de seleção: Recolha de resíduos indiferenciados; Recolha seletiva de resíduos; Outro.
	18- Conhecimento acerca dos consumos e quilometragem da frota por tipo de veículo	Item de seleção: Sim; Não.
----	19- Pedido de fornecimento de um email para futuro contacto	Item de resposta aberta

5.4 Implementação do inquérito no terreno

A implementação do inquérito passou, primeiramente, por uma abordagem global, sendo o este enviado para os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU). Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente, no ano de 2015, existiam 23 SGRU responsáveis pelos Resíduos Urbanos no território continental. Estes sistemas representam estruturas de meios urbanos, logísticos, equipamentos e infraestruturas necessárias para realizar as operações intrínsecas à gestão desses mesmo resíduos.

Porém, o que acontece no panorama atual, em Portugal, é que a etapa de recolha municipal de RU está a cargo dos municípios ou de associações de municípios, podendo ser concessionada a uma qualquer empresa. Deste modo, foi realizado um estudo adicional, com o objetivo de compreender como funcionaria a etapa de recolha nos municípios.

Posteriormente, e devido ao facto de diversas entidades não se voluntariarem para o preencher, foram selecionados municípios com características distintas, tanto a nível de dimensão como a nível de ocupação (rural, urbana), de modo a ser possível analisar um padrão e tirar conclusões de uma forma mais ampla e assertiva.

O inquérito foi enviado para 35 empresas privadas e/ou municípios, obtendo-se uma taxa de resposta de aproximadamente 37%. Deste modo, os resultados apresentados correspondem a treze municípios diferentes, independentemente da responsabilidade pela recolha e transporte de resíduos urbanos ser dos próprios municípios ou de empresas contratadas. Os municípios que responderam ao inquérito e, de seguida objeto de análise foram: Almeirim, Amares, Arouca, Cascais, Cuba, Évora, Guimarães, Maia, Praia da Vitória, Santa Maria da Feira, Seixal, Sever do Vouga e Vila Nova de Gaia, cujas características territoriais e populacionais se apresentam na Tabela 11.

Tabela 11 - Caracterização dos municípios inquiridos (Fonte: PRODER (2014)).

Concelho	População (habitantes)	Área (km²)	Densidade populacional (hab/km²)	Predominantemente não Rural	Predominantemente rural
Almeirim	23 376	222	105		X
Amares	18 889	82	231		X
Arouca	22 359	329	68		X
Cascais	209 869	97	2155	X	
Cuba	4878	172	28		X
Évora	56 596	1307	43		X
Guimarães	158 124	241	656	X	
Maia	135 678	83	1635	X	
Praia da Vitória	21 035	162	130		X
Santa Maria da Feira	139 312	213	654	X	
Seixal	184 269	96	1930	X	
Sever do Vouga	12 356	130	95		X
Vila Nova de Gaia	301 496	168,4	1790	X	

5.5 Respostas

A análise das respostas obtidas foi efetuada para a globalidade dos inquiridos, de um modo geral, para cada questão do inquérito. No entanto, quando se justificava, por diferença notória das respostas, é que estas foram analisadas distinguindo-se os operadores municipais dos privados.

5.5.1 CARACTERIZAÇÃO DO OPERADOR E DO MUNICÍPIO

Como referido anteriormente, a seleção dos inquiridos para resposta ao inquérito não foi aleatória. Na falta de respostas voluntárias, e após cuidado estudo, foram selecionados municípios para os quais poderia haver mais propensão de resposta que, mesmo assim, se pudessem considerar representativos da globalidade dos municípios portugueses. Nos municípios estudados, os operadores dividem-se, entre gestão municipal e privada, conforme se pode observar na Figura 14. A gestão é considerada municipal quando está a cargo do município, de uma empresa municipal ou intermunicipal, sendo considerada privada nas outras situações

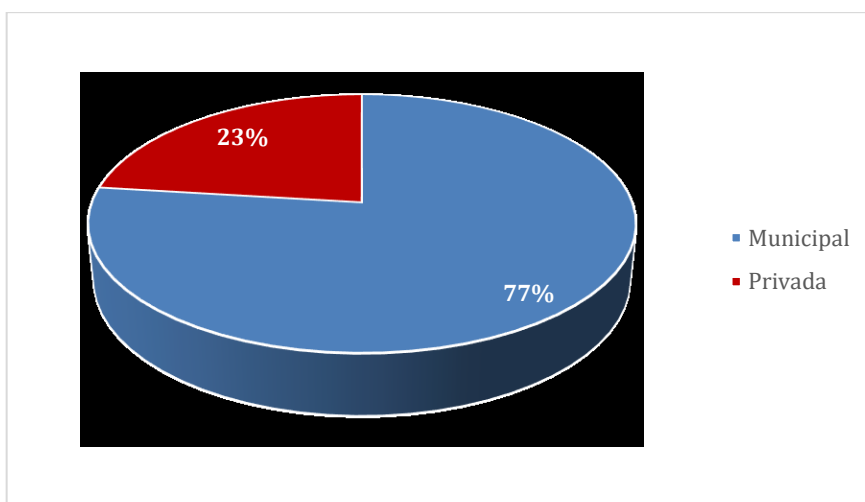


Figura 14 - Caracterização introdutória do inquérito.

○ **Período de recolha**

Quanto ao período de recolha maioritariamente utilizado pelos operadores privados inquiridos, como se observa na Figura 15, é o horário das 07 – 10h e das 17 – 20 h. Constatase que neste caso, o período da noite não é muito utilizado para a recolha de resíduos.

Já os municípios, uma vez que têm uma componente significativa de recolha de outro tipo de resíduos (como inertes, etc), não apresentam um horário fixo, optando, na grande maioria pela escolha “Outro”.

Nos municípios predominantemente urbanos, o horário de recolha das 07 – 10h pode trazer consequências negativas relativamente aos quilómetros percorridos e à duração das rotas de recolha dado que, coincide com o horário de maior tráfego matinal.

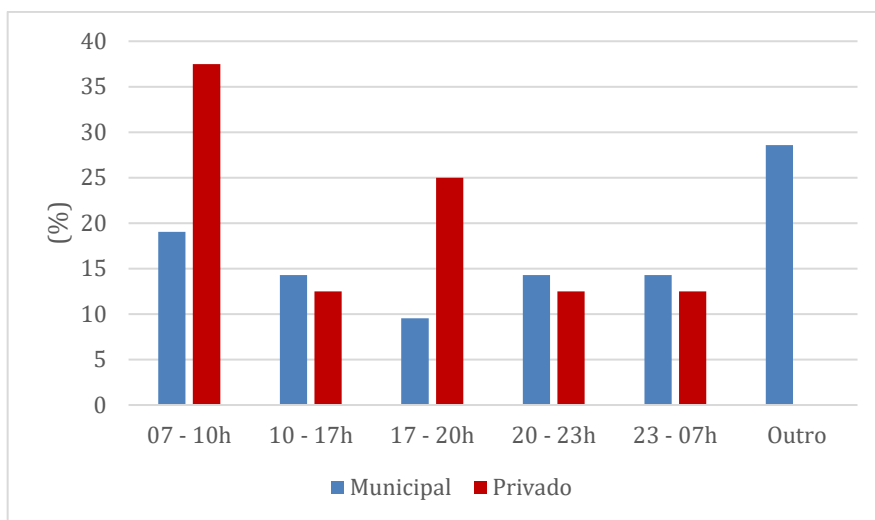


Figura 15 - Período de recolha utilizado pelos inquiridos.

○ **Tipo de resíduos recolhidos**

Com as respostas obtidas pelos inquiridos nesta questão, obteve-se a Figura 16, assim, conclui-se que o comportamento em relação aos resíduos recolhidos é semelhante tanto para os operadores municipais como para os operadores privados. Ambos recolhem maioritariamente “indiferenciados”, porém a percentagem de recolha seletiva de resíduos já é bastante elevada.

Contudo, apenas os operadores municipais, das respostas analisadas, são responsáveis por recolher outros tipos de resíduos como: monstros, resíduos volumosos, resíduos verdes, resíduos de construção e demolição e resíduos orgânicos.

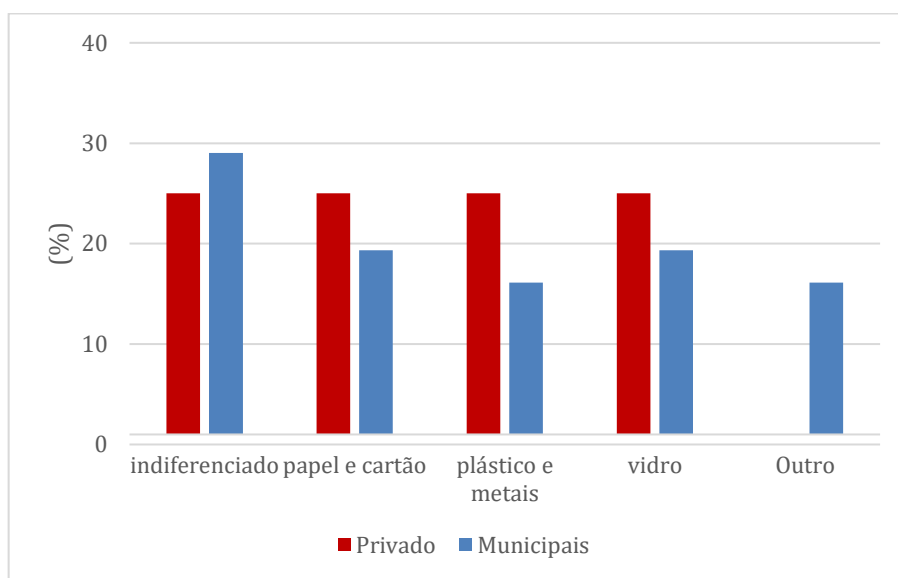


Figura 16 - Percentagem, por tipo de resíduos, dos resíduos recolhidos pelos inquiridos.

○ Destino dos resíduos

Na Figura 17 encontra-se os resultados obtidos em relação ao destino dado aos resíduos recolhidos, estes são relativamente satisfatórios de um ponto de vista ambiental. Nota-se uma preocupação em dar um encaminhamento correto aos resíduos seletivos recolhidos (vidro, papel e cartão, plástico e metal) uma vez que estes são, de um modo geral, enviados para empresas de reciclagem ou para outras infraestruturas de tratamento/aproveitamento, tais como centrais de triagem ou centros integrados de tratamento de RU.

Por outro lado, o destino final dado aos resíduos indiferenciados ainda não está totalmente de acordo com as políticas de gestão de resíduos em vigor atualmente. As empresas privadas e os municípios em questão ainda direcionam para aterros sanitários uma percentagem considerável destes resíduos, porém, em diversos casos os inquiridos apenas têm como função o transporte de resíduos, não passando por estes esta decisão.

No caso dos resíduos indiferenciados e dos outros tipos de resíduos, os destinos finais escolhidos (nomeados como “outro”) são as centrais de valorização energética e as estações de tratamento mecânico biológico.

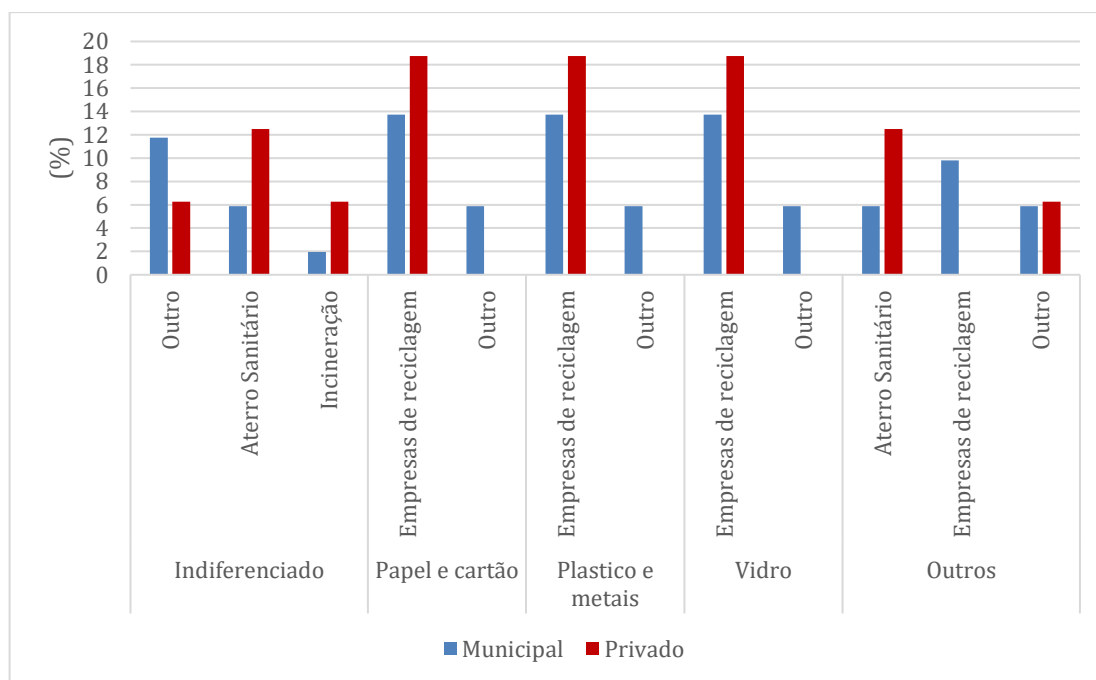


Figura 17- Destino final dado aos resíduos recolhidos, por tipo de resíduo, em percentagem.

○ **Distância do local de deposição final de resíduos**

Analisando a Figura 18 é observável que os resíduos percorrem distâncias consideráveis até ao seu destino final ou até as infraestruturas de tratamento/valorização. Esta informação é concordante com a Figura 7 - referida no Capítulo 3 - onde se verifica que vários sistemas de gestão não têm todas as infraestruturas de tratamento/valorização de resíduos na sua área de intervenção e, quando têm, podem estar relativamente longe, quando comparado com o local de recolha.

A diferença entre os operadores municipais e privados apenas é notória no caso das empresas de reciclagem. Os operadores privados inquiridos neste estudo percorrem mais de 50 km para encaminhar os resíduos recolhidos para infraestruturas que realizam a reciclagem.

Dadas as distâncias longas que são percorridas faz sentido ponderar a alteração para tecnologias mais limpas, como gás natural ou veículos elétricos, ao invés dos combustíveis convencionais, dependendo dos casos, uma vez que para distâncias demasiado longas surge o problema da autonomia.

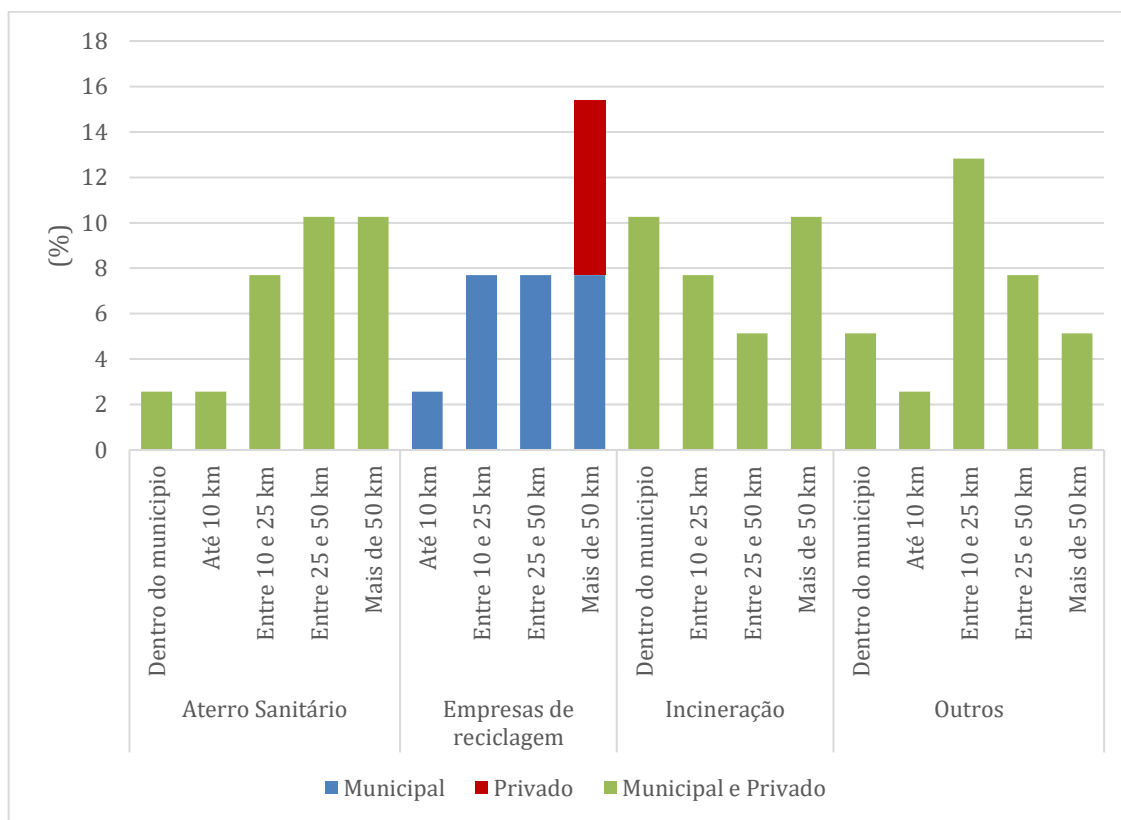


Figura 18 - Intervalo de distância necessária percorrer pelos veículos com os resíduos até as infraestruturas indicadas, pelos inquiridos Municipais e Privados.

5.5.2 CARACTERIZAÇÃO DA FROTA

○ Número de veículo por tipo de tecnologia utilizada

Os veículos mais utilizados são os que usam como fonte de alimentação o diesel, apenas uma pequena minoria tem veículos que utilizam tecnologias mais limpas nas suas frotas, Figura 19, o que não está relacionado com o fato dos operadores serem privados ou municipais.

No panorama atual, a utilização de veículos elétricos nos municípios, para recolha de resíduos, ainda é reduzida. Uma parte dos inquiridos, que já incluem na sua frota veículos movidos a eletricidade, servem-se destes para acompanhamento e fiscalização dos serviços operacionais prestados e para serviços de limpeza pública.

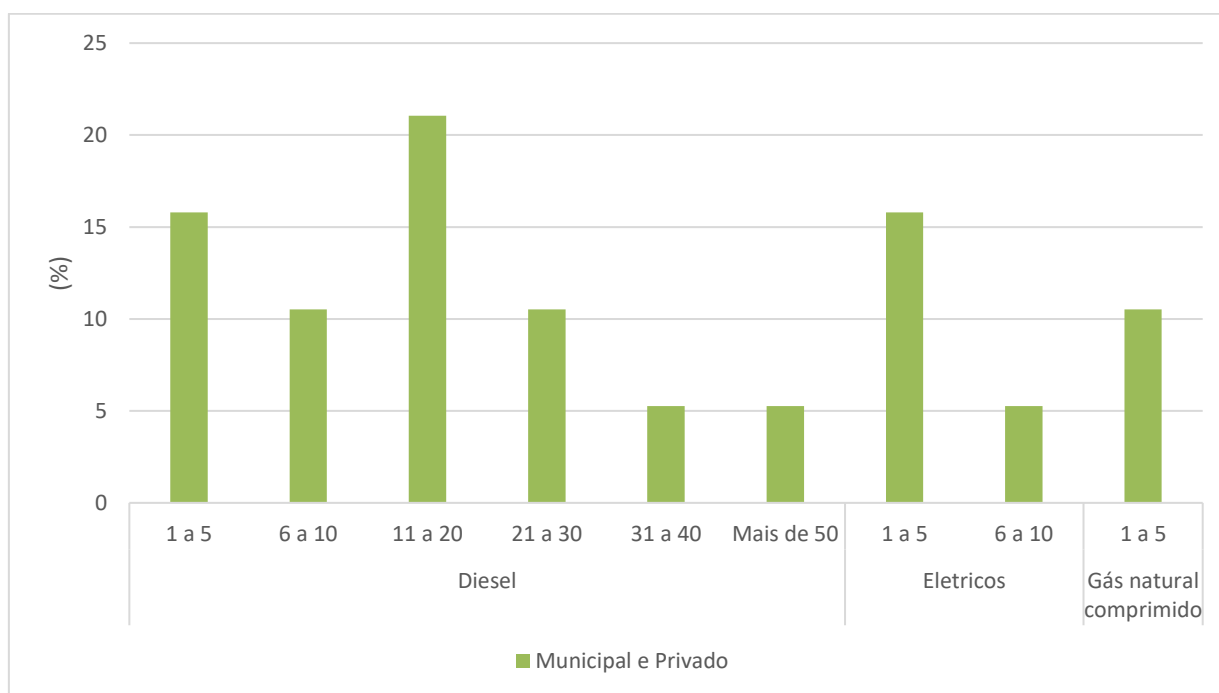


Figura 19 - Intervalo do número de veículos que constituem a frota dos municípios, por tipo de tecnologia utilizada.

○ **Idade da frota**

Observando a Figura 20, é possível concluir que 100% dos veículos de recolha de resíduos a diesel pertencentes às frotas analisadas têm idade superior a 8 anos. Dado que o tempo médio de vida útil recomendado para este tipo de veículos é de 7 anos, todos estes já ultrapassaram o tempo de uso aconselhado. Além disso, a idade dos veículos tem influência direta nas emissões enviadas para a atmosfera.

Os veículos elétricos e a gás natural apresentam idades bastante significativamente mais baixas (entre 1 a 4 anos), na sua maior parte, uma vez que são ainda tecnologias recentes no panorama atual de Portugal e nas quais ainda não há grande aposta.

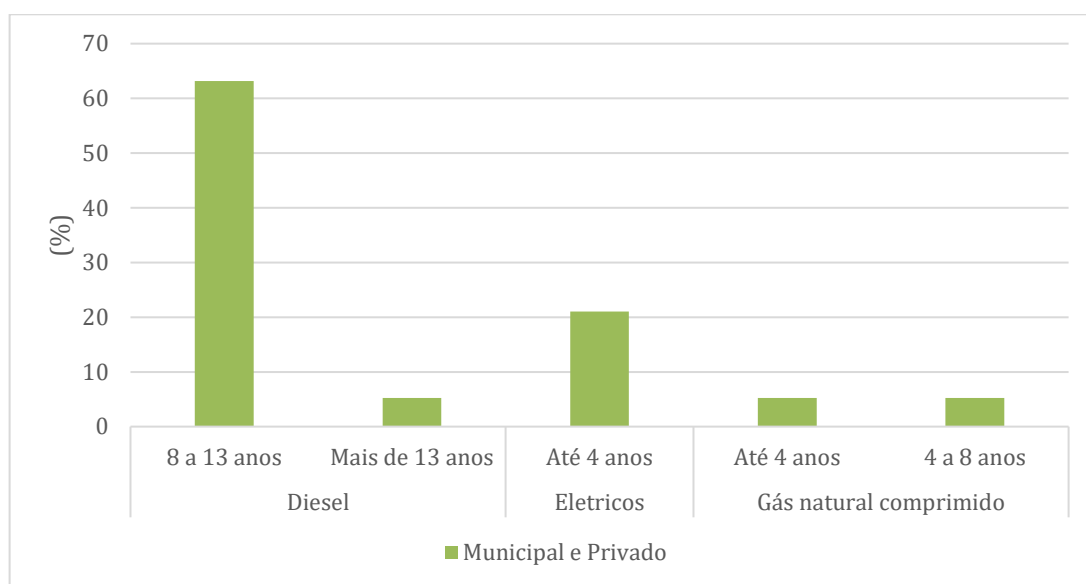


Figura 20 - Idade média da frota por tipo de veículo utilizado, pelos inquiridos municipais e privados.

5.5.3 OPINIÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS OU A GÁS NATURAL

Face à consulta de literatura e posterior realização do estado de arte deste estudo (Capítulo 2), compilaram-se os principais obstáculos e vantagens associados à aquisição de veículos elétricos e a gás natural.

○ Veículos elétricos

Como é observável na Figura 16, quanto aos principais obstáculos para a utilização dos VE, a maioria dos inquiridos identifica como “Muito relevante” algumas restrições operacionais como a limitação de autonomia e o tempo de carregamento. Outro obstáculo identificado, agora quanto à aquisição, é o custo associado à compra dos veículos, sendo que praticamente todos os operadores inquiridos concorda que é um fator “relevante” ou “muito relevante”.

Da parte dos inquiridos foi ainda identificado outro obstáculo para a utilização de VE, a não existência de veículos elétricos, no mercado atual, com capacidade suficientemente elevada para fazer a recolha de resíduos. Os veículos ligeiros elétricos disponíveis no mercado apenas estão aptos para a realização de pequenas tarefas. Outro obstáculo apontado para a utilização de VE, por alguns dos operadores em que tal situação é importante, é o terreno em questão ser muito acidentado.

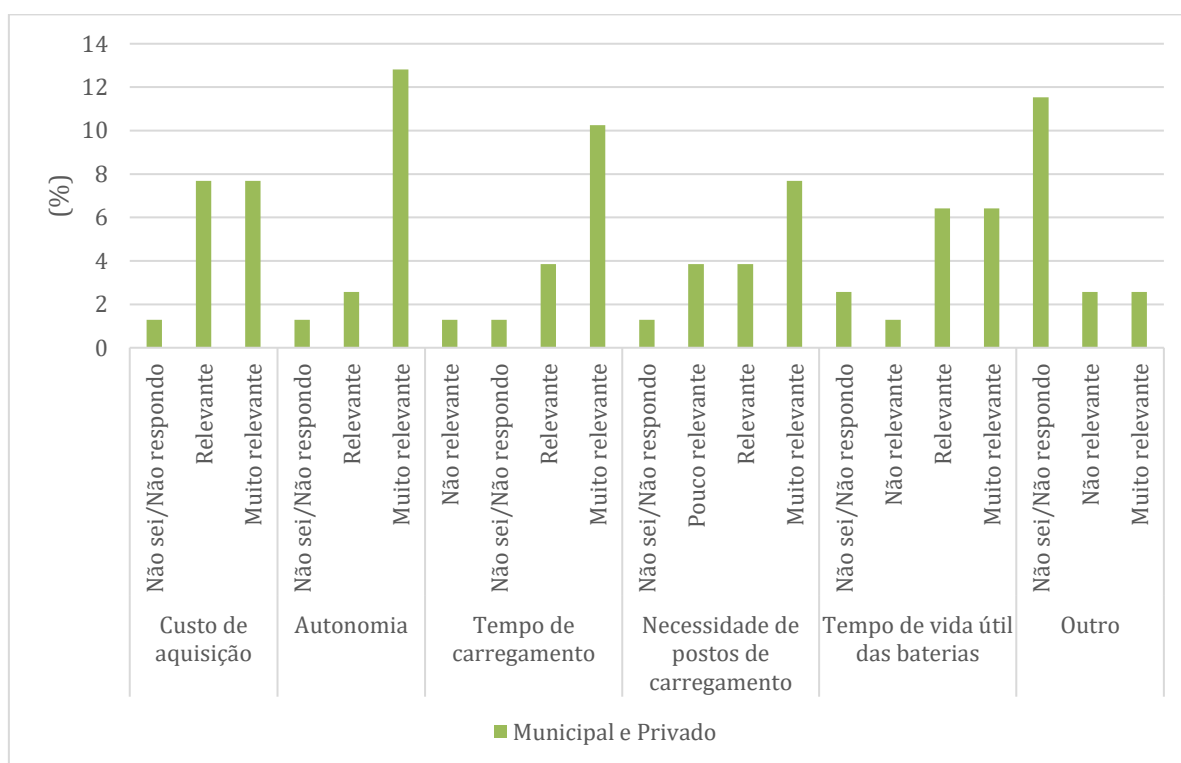


Figura 21 - Relevância de determinados obstáculos na aquisição de veículos a gás natural.

Em relação às vantagens provenientes da aquisição de VE, os operadores estão de acordo, a maior vantagem é de cariz ambiental: a redução da poluição. Por sua vez, não valorizam muito a questão da redução do ruído (Figura 22).

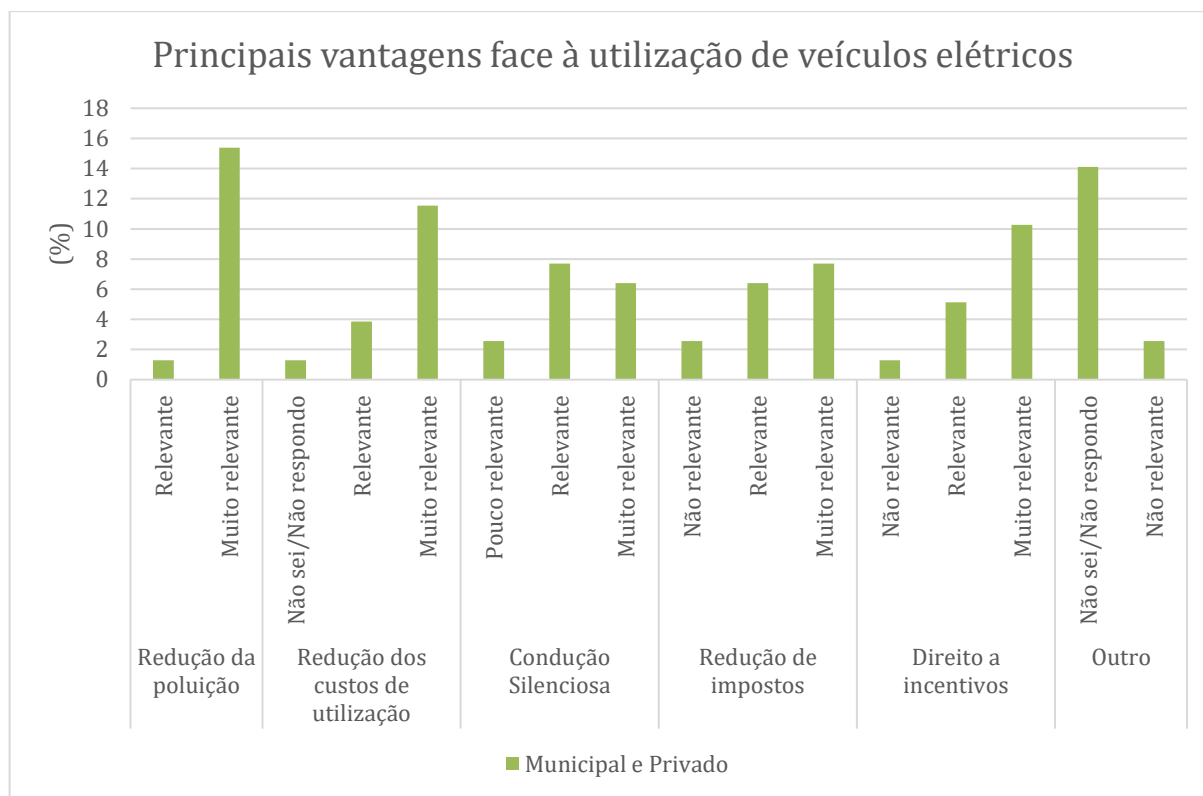


Figura 22 - Relevância de determinadas vantagens na aquisição de veículos elétricos.

○ Veículos a Gás Natural

Procedeu-se da mesma forma para análise dos resultados correspondentes aos veículos a gás natural (GN). De acordo com os inquiridos, a *existência de postos de abastecimentos*, assim como a *difículdade de abastecimento*, e por último, a *autonomia*, são os três impedimentos indicados mais vezes pelos operadores como sendo “Muito relevantes”.

A existência de postos de abastecimento ainda não é garantida em todos os municípios, constituindo por isso, um grande entrave à aquisição de veículos a GN. A autonomia e a dificuldade de abastecimento encontram-se diretamente relacionadas com a existência de postos de abastecimento. Como foi analisado anteriormente, na Figura 18, os veículos necessitam de percorrer longas distâncias até às infraestruturas de destino, portanto, enquanto os postos de abastecimento não se tornarem bens comuns em todas as autarquias, a opção por veículos a gás natural não será viável.

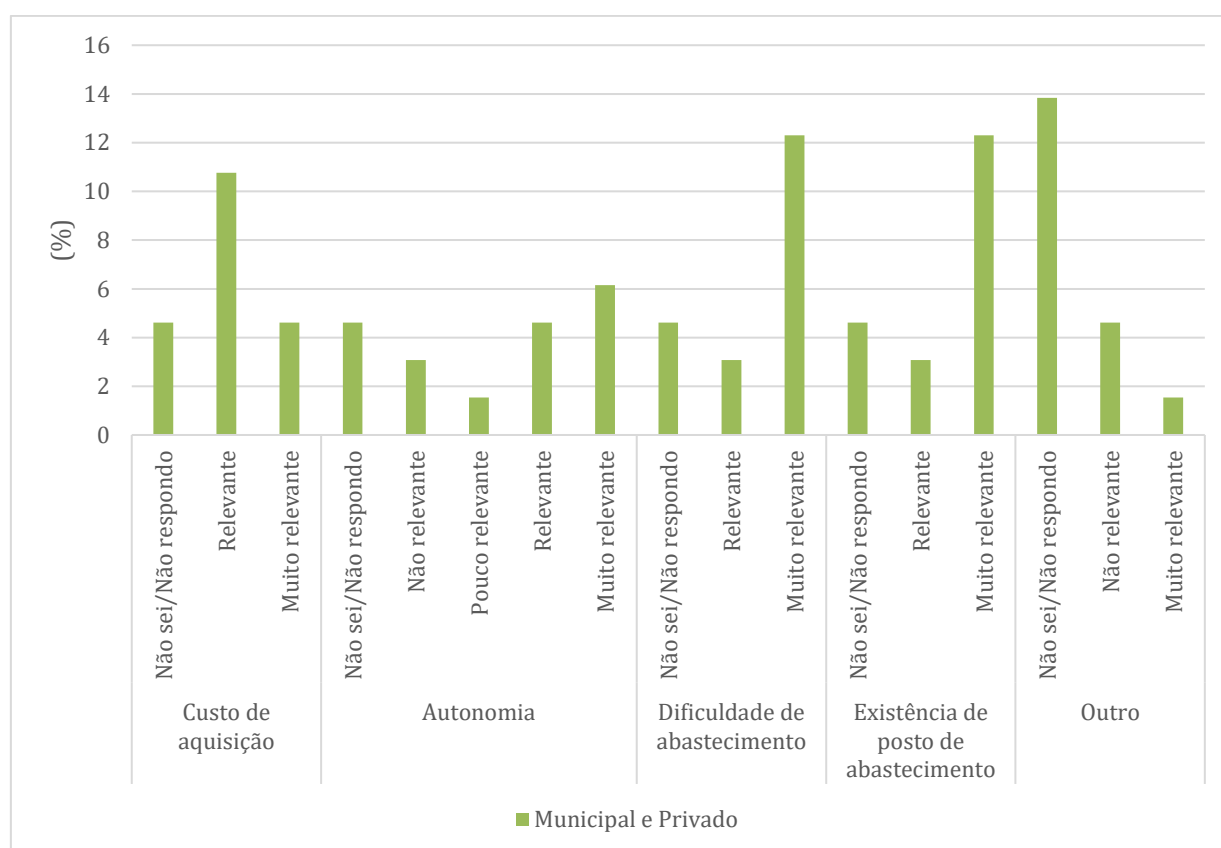


Figura 23 - Relevância de determinados obstáculos na aquisição de veículos a gás natural.

Igualmente como no caso dos veículos elétricos, a vantagem dos veículos a gás natural a que é dada mais importância é a *redução da poluição*, observável na Figura 24. A condução silenciosa continua a não ser consensual na opinião dos operadores analisados.

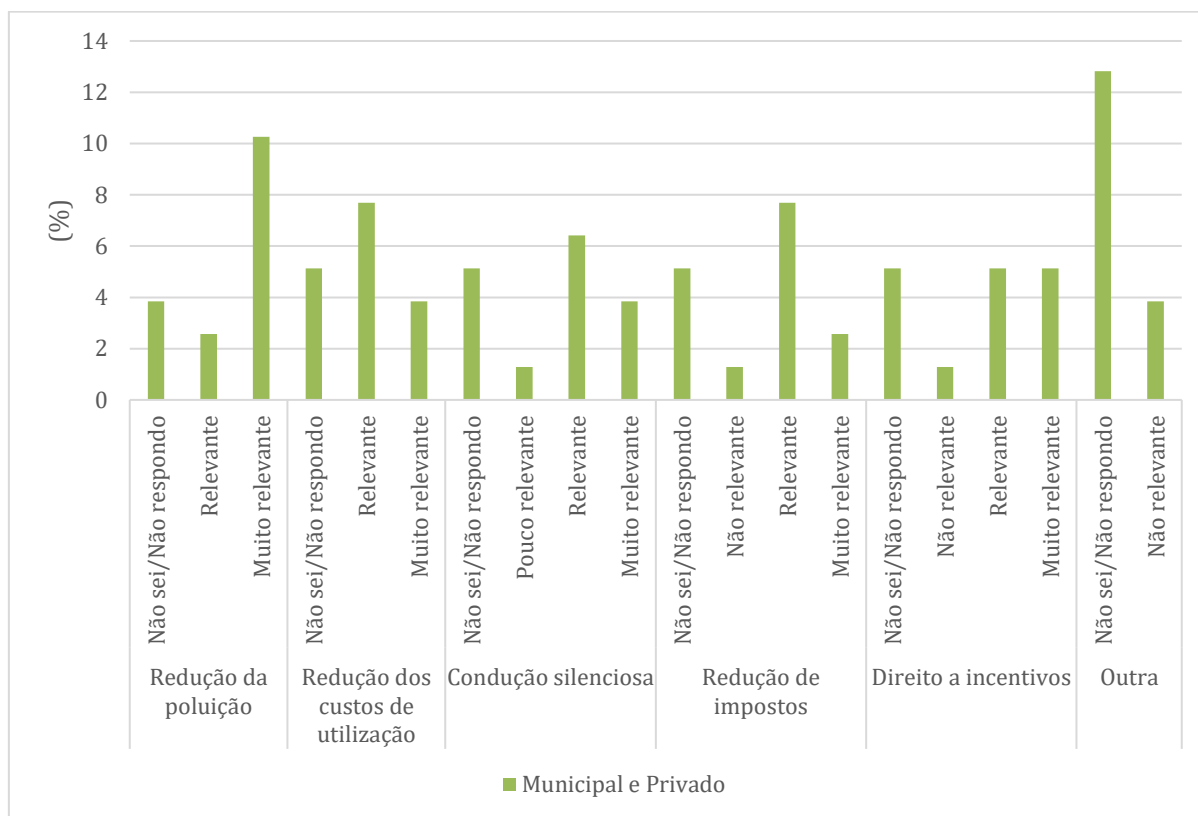


Figura 24 - Relevância de determinadas vantagens na aquisição de veículos a gás natural.

5.5.4 PLANEAMENTO DA FROTA

○ Modo de aquisição dos veículos elétricos ou a gás natural

O modo de aquisição de veículos que utilizam tecnologias alternativas é bastante dependente de fontes de apoio externas ao operador, como a existência de *comparticipação do estado*, de *fundos nacionais ou europeus*, como se pode analisar pela Figura 25.

A taxa de resposta da opção “Não sei/Não respondo” é bastante elevada, com mais de 40% para cada uma das opções dadas.

Nesta questão, dadas as respostas dos inquiridos, conclui-se que estariam a considerar a questão hipotética de uma nova aquisição e de eventuais condições em que estariam dispostos a adquirir um veículo elétrico ou a gás natural.

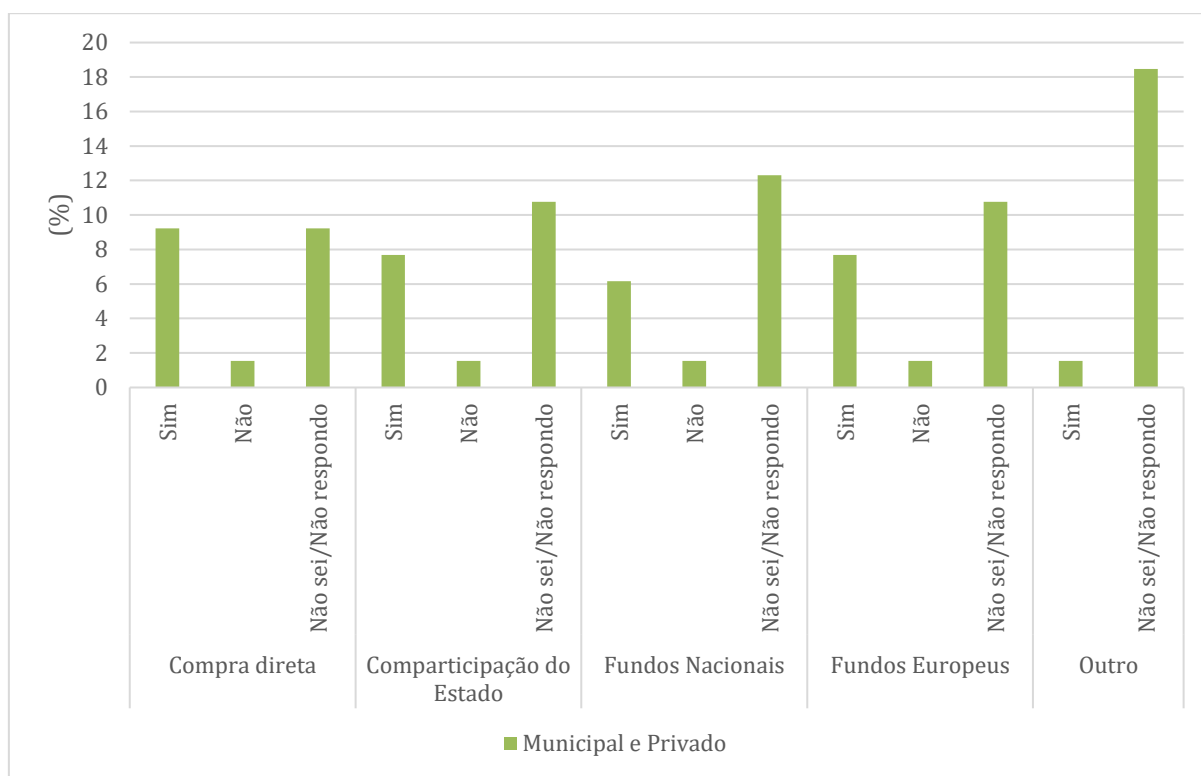


Figura 25 - Modo de aquisição dos veículos elétricos ou a gás natural.

○ **Previsão de aquisição de novos veículos**

Apesar de todas as vantagens, referidas anteriormente, e da concordância com estas por parte dos inquiridos. Estes, na sua maioria, preveem adquirir veículos a diesel.

Analisando a Figura 26 nota-se que, na categoria de veículos que utilizam tecnologias limpas, os VGN não parecem ser uma opção preferencial, ao invés do que acontece com os VE que aparentam ser uma opção a considerar, uma vez que cerca de 30% dos inquiridos respondeu positivamente a esta alternativa.

As percentagens da opção “Não sei/Não respondo” continuam a ser elevadas também nesta questão, o que poderá estar associado ao facto de não terem sido os responsáveis pela renovação da frota a preencher o inquérito.

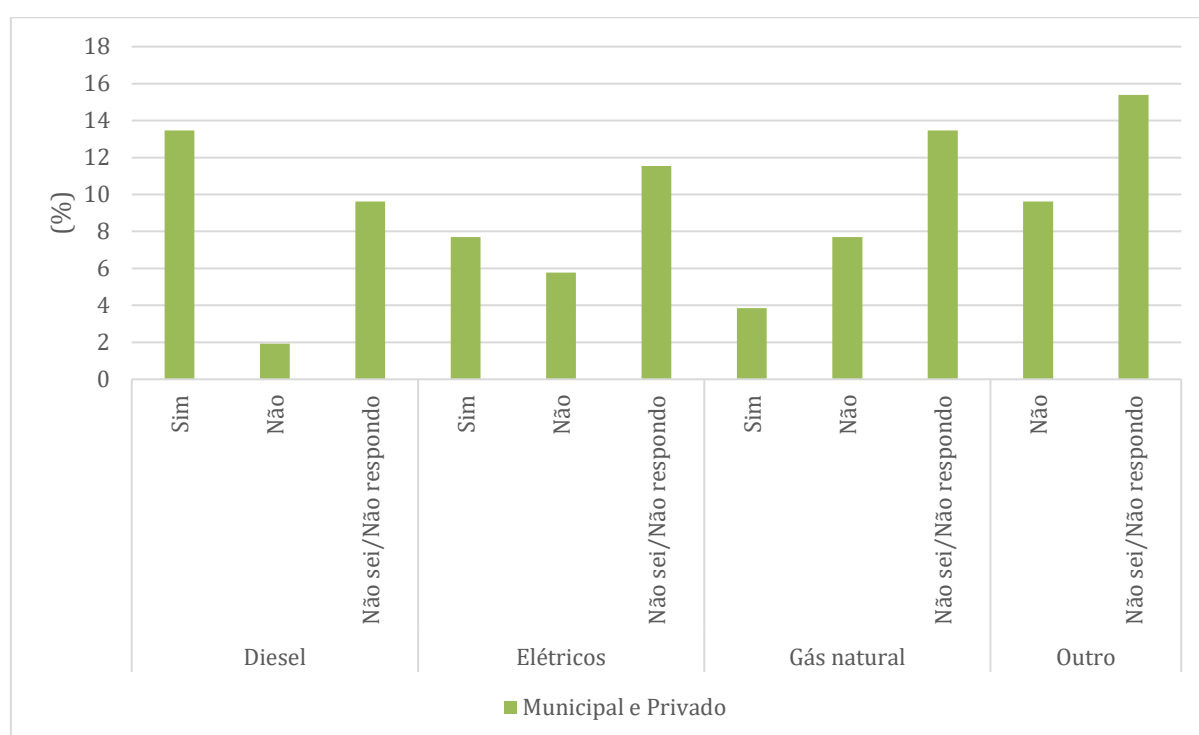


Figura 26 - Previsão de aquisição de novos veículos, por tipo de combustível.

○ **Utilização prevista para os veículos elétricos ou a gás natural**

Em relação à utilização prevista para os veículos elétricos ou a gás natural, a maioria responde “Não sei /Não respondo” para as três opções, Figura 27. Como já foi referido anteriormente, o mercado atual, ainda, não apresenta uma vasta gama de opções neste tipo de veículos, porém é uma situação que está em constante alteração. Assim, é provável que a previsão de aquisição e a utilização dada esteja dependente das opções disponíveis e da evolução das tecnologias apresentadas.

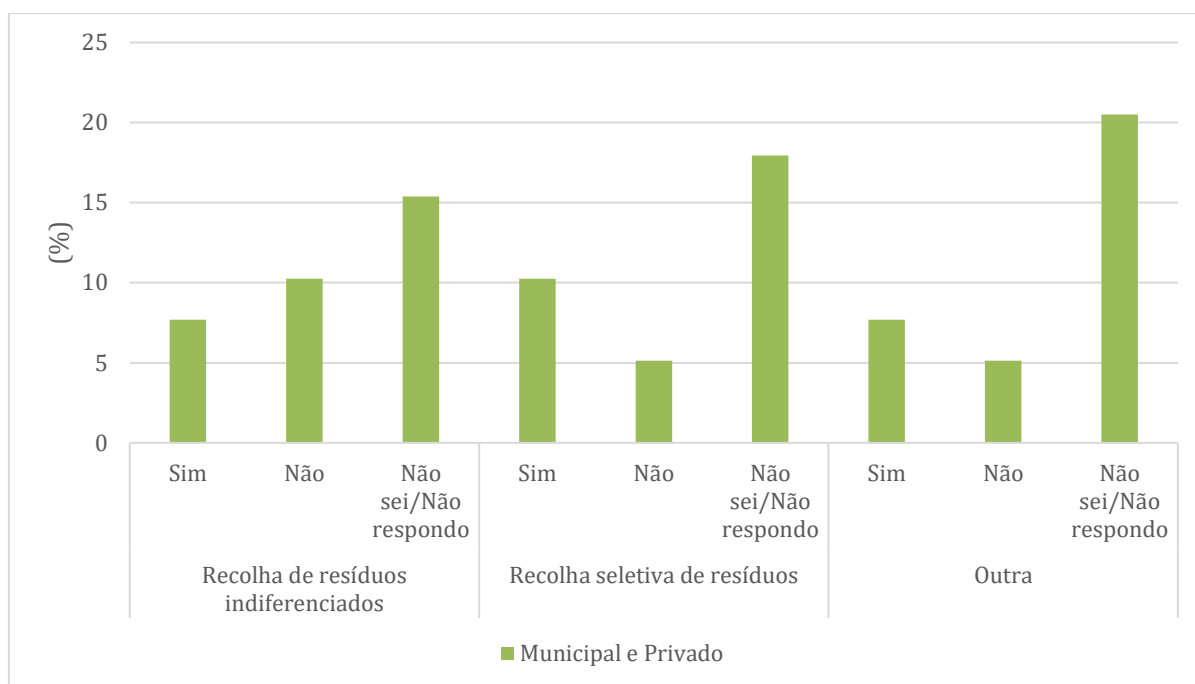


Figura 27 - Utilização dada aos veículos elétricos ou a gás natural.

6

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são analisados e discutidos os resultados obtidos do levantamento realizado a partir do inquérito. Para além, da análise de dados reais que tem influência direta na perceção do inquirido sobre o tema abordado.

6.1 Confronto entre os resultados reportados no inquérito e os resultados divulgados por outras entidades

De modo a comparar os resultados obtidos no inquérito com dados reais, divulgados por outras entidades, procedeu-se à análise de diferentes parâmetros:

- **Densidade Populacional;**

Inicialmente, analisou-se a densidade populacional por município estudado. Este parâmetro permite expressar a intensidade do povoamento, relacionando o número de habitantes de uma determinada área territorial pela superfície desse território.

- **Número total de veículos de recolha por habitantes do município;**

Uma das questões do inquérito incidia sobre a quantidade de veículos, desde modo, calculou-se o número total de veículos da frota pelo número de habitantes do município.

- **Poder de compra;**

O parâmetro poder de compra indica o poder de compra manifestado pela população portuguesa no quotidiano, em que o 100% representa o valor médio do país. Este índice, teoricamente, estará relacionado com a produção de resíduos, dado que, à partida, quanto maior a possibilidade de aquisição de bens e materiais, maior a produção de resíduos.

- **RU recolhidos por habitante;**

De forma, a ter uma maior noção dos RU que necessitam de ser recolhidos por cada município, examinou-se a quantidade de resíduos urbanos recolhidos no ano civil de 2016 e dividiu-se pela população média anual residente em cada município.

- **Índice de Hierarquia de Gestão de Resíduos;**

O índice de hierarquia de gestão de resíduos permite avaliar o nível de aplicação da hierarquia dos resíduos na gestão de resíduos urbanos, possibilitando a compreensão de como os resíduos produzidos têm sido geridos. Como referido anteriormente, a política da hierarquia de gestão de resíduos pretende prevenir e reduzir, preparar para reutilizar, reciclar, outros tipos de valorização e por fim, a eliminação. Uma vez que não existem dados disponível para avaliar os dois primeiros pontos, o índice de hierarquia

de gestão de resíduos foca-se na quantidade de resíduos enviada para a reciclagem. Deste modo, este índice, pode variar entre -100% e 100%, correspondendo o -100% a opções de gestão de resíduos onde não existe reciclagem nem valorização orgânica de resíduos e o 100% a sistemas de gestão de resíduos em que todos os resíduos são reciclados ou valorizados organicamente. Ou seja, no caso de -100% não há qualquer aplicação do princípio da hierarquia dos resíduos, enquanto que no caso de 100% a aplicação da hierarquia dos resíduos é total.

Tendo em conta todos os parâmetros referidos anteriormente resume-se na Tabela 12, toda a informação obtida:

Tabela 12 - Parâmetros analisados para cada município.

Concelho	População (habitantes)	Área (km ²)	Densidade populacional (hab/km ²)	Nº total de veículos	Nº total de veículos/ 1000 hab	Poder de compra (%) (2015)	RU recolhidos por hab (kg/hab) (2016)	Índice de Hierarquia de Gestão de resíduos (%) (2016)
Almeirim	23 376	222,12	105,2	11	0,5	87,4	493,2	-26,9
Amares	18 889	81,95	230,5	12	0,6	70,7	383	-20,1
Arouca	22 359	329	68,0	2 *	-	69,5	305,4	34,7
Cascais	209 869	97,4	2154,7	186	0,9	122,7	635,6	20,6
Cuba	4878	172,09	28,3	12	2,5	66,4	511,5	-15,6
Évora	56 596	1307,1	43,3	17	0,3	116,4	634,1	-3,7
Guimarães	158 124	240,95	656,3	15	0,1	90,6	410,3	65,1
Maia	135 678	82,99	1634,9	34	0,3	113,2	427,8	-16,3
Praia da Vitória	21 035	162,29	129,6	15	0,7	73,9	507,1	-37,7
Santa Maria da Feira	139 312	213	654,0	25 **	0,07	84,6	351	-42,5
Seixal	184 269	95,5	1929,5	44	0,2	91,7	422,1	-73,8
Sever do Vouga	12 356	129,88	95,1	2 *	-	74,1	293,8	38,4
Vila Nova de Gaia	301 496	168,46	1789,7	4 **	0,07	99,6	461,7	-46,3

*Não se procedeu ao cálculo para estes municípios porque a recolha de RU é feita em regime próprio mais operador privado, simultaneamente, e uma vez que não temos o registo do número de veículos do operador privado, não é possível realizar este cálculo ** Nos municípios de Santa Maria da Feira e Vila Nova de Gaia, o operador é o mesmo, funcionando nestes dois

concelhos em simultâneo. Neste caso, efetuou-se o cálculo tendo em conta o número total veículos do operador e a população total que habita nos dois concelhos.

Através dos dados fornecidos pelo PorData (2017) é possível verificar que o município mais populoso é o de Vila Nova de Gaia e que o menos populoso é o de Sever do Vouga. No entanto, o município com maior área é o de Évora e o de menor o Seixal.

Recorrendo a cálculos pôde então verificar-se que, a relação entre os parâmetros população e área não são proporcionais e que, portanto, o município de Cascais verifica-se ser o que tem mais habitantes por km² (podendo este facto ser explicado com a grande afluência à construção de edifícios em altura) e o de Évora o que tem menos (justificando-se por ser o que tem maior área).

Passando à comparação entre o número total de veículos usados num município com o número total de veículos usados por cada mil habitantes pode concluir-se que, mais uma vez, não se pode fazer uma análise linear dos dados e que estes não são proporcionais. Isto pode verificar-se pelos exemplos referidos na Tabela 12: o município onde circulam mais veículos é o de Cascais, mas o município onde há mais veículos por cada mil habitantes é o de Cuba. O mesmo se verifica na situação de menor número de veículos em circulação ser o de Almeirim e o menor número de veículos por cada mil habitantes ser o de Santa Maria da Feira.

A justificação para estes factos é variada. No caso dos valores baixos de veículos por cada mil habitantes o motivo pode ser o facto da população viver concentrada em determinados locais e, portanto, o mesmo veículo (ou poucos) suprir as necessidades de uma só vez, coisa que não acontece quando a população vive “espalhada” o que obriga à criação de novas e diferentes rotas para diferentes veículos de modo a que consigam fazer uma recolha diária. Por outro lado, esta mesma justificação por vezes não se aplica, como se pode observar com o caso de Cascais que tem a maior densidade populacional do estudo e mesmo assim também o maior número de veículos. Este caso pode justificar-se pela produção excessiva de resíduos o que torna impossível a que um só veículo com determinada capacidade consiga fazer a recolha completa, obrigando a que haja a necessidade de haver vários veículos a fazer a mesma rota de modo a que a recolha consiga ser diária.

Cascais, à parte ser o município com maior densidade populacional, é o que também tem uma maior percentagem de poder de compra e isto está diretamente relacionado com a produção de RU. Uma vez que a produção de resíduos urbanos também se relaciona com o crescimento do PIB, tem-se verificado que existe uma tendência que quanto maior for o poder de compra (riqueza do cidadão) maior é o consumo o que, conseqüentemente, leva a uma maior produção de resíduos.

Contudo estes fatores não se relacionam com o índice da hierarquia de gestão de resíduos, pois estes não estão diretamente ligados aos consumidores e/ou municípios. Para este caso os consumidores e municípios estão sujeitos às “ações” uns dos outros, visto que os habitantes dependem da disponibilidade de meios fornecidos pelos municípios para que tenham “condições” para fazer a reciclagem. Por sua vez, os municípios estão dependentes da educação e da sensibilização ambiental dos habitantes para que estes façam a reciclagem.

Pela Tabela 12 verifica-se que Guimarães é o município com maior percentagem dessa hierarquia de gestão de resíduos e que a maioria dos municípios têm percentagens negativas o que leva a conclusão que é necessária uma intervenção imediata e séria, não só na prevenção de resíduos de modo a diminuí-los, mas também é preciso priorizar a gestão destes mesmos resíduos, de modo a que seja possível pelo menos reciclar e reutilizar os resíduos produzidos.

7

Conclusões

Por último, neste capítulo são apresentadas as conclusões possíveis de retirar do trabalho realizado. Para além de referidas as limitações deste estudo e os trabalhos futuros a desenvolver nesta área.

7.1 Principais conclusões

A produção de resíduos é algo intrínseco a qualquer sociedade, uma vez que deixar de os produzir não é uma opção real, as medidas, atualmente, passam pelo incentivo à redução e reutilização dos mesmos por parte dos operadores de gestão de resíduos. Para além de necessitarem de garantir uma gestão viável dos mesmos, com o objetivo de minimizar o seu impacto económico, social e ambiental.

De forma a compreender como é constituída uma frota de recolha de resíduos, estudou-se numa primeira fase o caso do município do Porto. Na realidade, esta frota aposta quase na sua totalidade em veículos a diesel, não utilizando, praticamente, veículos com tecnologias ambientalmente mais sustentáveis.

Posto isto, calculou-se o potencial ganho em termos ambientais se se alterasse uma determinada percentagem da frota para veículos elétricos. O aumento a taxa de penetração dos VE na frota de recolha de resíduos do Município do Porto de 1,9%, atualmente, para aproximadamente 25% levaria a uma diminuição de 199 toneladas de CO₂ emitido para o ano de 2015. Esta alteração teria um Custo Total associado de 4 533 134 euros.

Perante esta análise, e tendo em conta a pouca taxa de veículos elétricos na área da gestão de resíduos, procede-se a segunda fase do estudo, com o objetivo de perceber porque é que os VE não estão mais enraizados nesta área. Posto isto, recorre-se aos municípios, visto que tem um papel ativo na gestão dos RU de forma a compreender os obstáculos na utilização destes veículos.

Com a implementação dos inquéritos junto dos municípios foi possível concluir que estes têm realmente conhecimentos das diversas vantagens da substituição dos veículos a diesel, mais utilizados atualmente, porém para atingir estes ganhos ambientais devido à alteração dos veículos há custos associados.

Para além dos custos diretos relativos a alteração da frota, há vários aspetos como a autonomia, a capacidade dos veículos de modo a fazer um serviço que se equipara ao serviço atual prestado pelos veículos a diesel que ainda são difíceis de superar.

7.2. Limitações do estudo e perspetivas futuras

Ao longo deste estudo foram identificadas algumas limitações do mesmo e posto isto, existe a possibilidade de realização de novos estudos de forma a completar a investigação realizada.

Em seguida, identifica-se algumas dessas propostas:

- Realizar o inquérito pessoalmente, em formato de entrevista, de forma a ser possível coletar um maior número de informação e para se tornar possível obter respostas com um maior detalhe;
- Efetuar o inquérito/estudo a um maior número de autarquias pelo País, de modo a verificar se há uma tendência no modo como os operadores optam por gerir a etapa de recolha de resíduos urbanos;
- Aplicar o modelo de cálculo para a frota ideal de veículos de recolha a diferentes autarquias, de forma a analisar, com mais detalhe, as frotas ideais consoante o município;
- Realizar estudos mais aprofundados tendo por base veículos de recolha e transporte de resíduos urbanos movidos a gás natural e a eletricidade. Uma vez que um maior aprofundamento desta temática pode levar a uma maior implementação destes combustíveis mais limpos.
- Aliar mais do que uma estratégia de redução de emissão de GEE, como alterar o tipo de combustível utilizado e a rota de recolha, optando por uma rota ótima.

Para além das propostas de melhoria referidas nos pontos anteriores, depois do estudo, acha-se relevante considerar a utilização de um guia ou manual de atuação indicado, unicamente, para a etapa de recolha de RU. Este guia teria como objetivo tornar esta etapa mais eficaz. Deste modo, identificavam-se, primeiramente, as oportunidades de melhoria e, posteriormente seriam delineadas soluções e estratégias que levassem a uma recolha de resíduos mais eficaz, com as vantagens que essa opção envolve.

À semelhança de um Plano de Gestão de Resíduos, este seria construído de modo a melhorar continuamente o processo em estudo, neste caso particular, a etapa de recolha. Este plano poderia ser aplicado a qualquer operador privado ou município, para implementar estratégias mais sustentáveis, com ganhos económicos e ambientais e aceitação social (NetResíduos (2018)).

Referências Bibliográficas

- ACEA - Report: Vehicles in use - Europe 2017. 2017. Consult. em 2/8/2018. Disponível em WWW: <http://www.acea.be/index.php/news/news_detail/trends_in_new_car_characteristics/>. ISBN/ISSN:
- Ambiente Magazine - Câmara da Maia investe em viaturas ecológicas. 2016. Disponível em WWW: <<https://www.ambientemagazine.com/camara-da-maia-investe-em-viaturas-ecologicas/>>. ISBN/ISSN:
- APA - Resíduos. 2018. Disponível em WWW: <<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84>>. ISBN/ISSN:
- Ahani, Parisa; Arantes, Amilcar; Melo, Sandra - A portfolio approach for optimal fleet replacement toward sustainable urban freight transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 48. (2016). p. 357-368. ISSN: 1361-9209
- alkè - Catálogos dos veículos elétricos Alke'. 2018. Consult. em 15/08/2018. Disponível em WWW: <<https://www.alke.pt/catalogos-veiculos-eletricos>>.
- APA - Relatório do Estado do Ambiente - Portugal. 2018. Disponível em WWW: <<https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/rea/REA2018/REA2018.pdf>>.
- APA - Relatório do Estado do Ambiente Portugal. 2016. Disponível em WWW: <<https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/Geodocs/geoportaldocs/rea/REA2016/REA2016.pdf>>.
- APA - Sistemas de Gestão e Infraestruturas. (2015). Disponível em WWW: <<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=934>>.
- Badran, MF; El-Haggag, SM - Optimization of municipal solid waste management in Port Said–Egypt. *Waste Management*. Vol. 26. n.º 5 (2006). p. 534-545. ISSN: 0956-053X
- Beer, Christian; Reichstein, Markus; Tomelleri, Enrico; Ciais, Philippe; Jung, Martin; Carvalhais, Nuno; Rödenbeck, Christian; Arain, M Altaf; Baldocchi, Dennis; Bonan, Gordon B - Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. *Science*. (2010). p. 1184984. ISSN: 0036-8075
- Beijoco, Ana Filipa Pereira - Optimização de um Sistema de Recolha e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos. Lisboa: Universidade técnica de Lisboa. (2011).
- Berger, Claude; Savard, Gilles; Wizere, A - EUGENE: an optimisation model for integrated regional solid waste management planning. *International Journal of Environment and Pollution*. Vol. 12. n.º 2-3 (1999). p. 280-307. ISSN: 0957-4352
- Comissão Europeia - Avaliação da aplicação da legislação ambiental da UE
- Comissão Europeia - Distribuição de cidade de veículo elétrico, Relatório Final. (2002). Disponível em WWW: <http://www.eltis.org/sites/default/files/case-studies/documents/elcidis_final_report0_5.pdf>.
- DieselNet - EU: Heavy-Duty Truck and Bus Engines. 2016.
- EEA - Air pollution 2017. Consult. em 12/07/2018. Disponível em WWW: <<https://www.eea.europa.eu/pt/themes/air/intro>>.
- EEA - Increasing environmental pollution. 2015. Disponível em WWW: <<https://www.eea.europa.eu/soer-2015/global/pollution#tab-figures-used>>.
- Eisted, Rasmus; Larsen, Anna W; Christensen, Thomas H - Collection, transfer and transport of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Management & Research*. Vol. 27. n.º 8 (2009). p. 738-745. ISSN: 0734-242X

- Eurostat - Municipal waste statistics. 2018. Disponível em WWW:
<http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generated_by_country>.
- Eurostat - Municipal waste statistics. 2018. Disponível em WWW:
<http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generated_by_country>.
- Eurostat - Municipal waste statistics. Disponível em WWW: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generated_by_country>.
- Fontaras, Georgios; Martini, Giorgio; Manfredi, Urbano; Marotta, Alessandro; Krasenbrink, Alois; Maffioletti, Francesco; Terenghi, Roberto; Colombo, Mauro - Assessment of on-road emissions of four Euro V diesel and CNG waste collection trucks for supporting air-quality improvement initiatives in the city of Milan. *Science of the Total Environment*. Vol. 426. (2012). p. 65-72. ISSN: 0048-9697
- Gazilion - Freguesias do Concelho do Porto. 2013. Disponível em WWW:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Gazilion/Porto-Santar%C3%A9m-Set%C3%BAbal#/media/File:Porto_freguesias_2013.svg>:.
- Geesinknorba - Milestone: The first all-electric refuse collection vehicles. 2018. Consult. em 11/09/2018. Disponível em WWW: <<https://www.openaccessgovernment.org/milestone-the-first-all-electric-refuse-collection-vehicles/45047/>>.
- Gottinger, Hans W - A computational model for solid waste management with application. *European Journal of Operational Research*. Vol. 35. n.º 3 (1988). p. 350-364. ISSN: 0377-2217
- Hoekstra, Arjen Y; Chapagain, Ashok K; Aldaya, Maite M; Mekonnen, Mesfin M - Water footprint manual. *State of the Art*. (2009). p. 1-131.
- INE - Censos 2011 Resultados Definitivos. (2011). Disponível em WWW:
<http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacoes>.
- IPCC - Alterações Climáticas 2014 - Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. 2014. Disponível em WWW: <https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar5_wg2_spm.pdf>.
- Kulcar, Thierry - Optimizing solid waste collection in Brussels. *European Journal of Operational Research*. Vol. 90. n.º 1 (1996). p. 71-77. ISSN: 0377-2217
- Larsen, Anna W; Vrgoc, Marko; Christensen, Thomas H; Lieberknecht, Poul - Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. *Waste Management & Research*. Vol. 27. n.º 7 (2009). p. 652-659. ISSN: 0734-242X
- Le Bozec, A - Cost models for each municipal solid waste process. *Project AWAST Deliverables*. Vol. 5. (2004).
- Lebeau, Philippe; Macharis, Cathy; Van Mierlo, Joeri; Lebeau, Kenneth - Electrifying light commercial vehicles for city logistics? A total cost of ownership analysis. *European Journal of Transport & Infrastructure Research*. Vol. 15. n.º 4 (2015). ISSN: 1567-7133
- Lee, Dong-Yeon; Thomas, Valerie M; Brown, Marilyn A - Electric urban delivery trucks: Energy use, greenhouse gas emissions, and cost-effectiveness. *Environmental science & technology*. Vol. 47. n.º 14 (2013). p. 8022-8030. ISSN: 0013-936X
- Lévay, Petra Zsuzsa; Drossinos, Yannis; Thiel, Christian - The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*. Vol. 105. (2017). p. 524-533. ISSN: 0301-4215
- Lipor - Resíduos Urbanos. 2018. Consult. em 23/07/2018. Disponível em WWW:
<<https://www.lipor.pt/pt/residuos-urbanos/valorizacao-energetica/>>.

- IUÍS, DE - Pequeno Guia de Inquérito por Questionário.
- MacDonald, Marianne L - A multi-attribute spatial decision support system for solid waste planning. *Computers, Environment and Urban Systems*. Vol. 20. n.º 1 (1996). p. 1-17. ISSN: 0198-9715
- Maimoun, Mousa A; Reinhart, Debra R; Gammoh, Fatina T; Bush, Pamela McCauley - Emissions from US waste collection vehicles. *Waste management*. Vol. 33. n.º 5 (2013). p. 1079-1089. ISSN: 0956-053X
- Maimoun, Mousa A; Reinhart, Debra R; Gammoh, Fatina T; Bush, Pamela McCauley - Emissions from US waste collection vehicles. *Waste management*. Vol. 33. n.º 5 (2013). p. 1079-1089. ISSN: 0956-053X
- Maimoun, Mousa Awad - Environmental Study of Solid Waste Collection. (2011).
- Maimoun, Mousa; Madani, Kaveh; Reinhart, Debra - Multi-level multi-criteria analysis of alternative fuels for waste collection vehicles in the United States. *Science of the Total Environment*. Vol. 550. (2016). p. 349-361. ISSN: 0048-9697
- Malinauskaite, J; Jouhara, H; Czajczyńska, D; Stanchev, P; Katsou, E; Rostkowski, P; Thorne, Rebecca Jayne; Colón, J; Ponsá, S; Al-Mansour, F - Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. *energy*. Vol. 141. (2017). p. 2013-2044. ISSN: 0360-5442
- McDougall, Forbes R; Hruska, Joseph P - Report: the use of Life Cycle Inventory tools to support an integrated approach to solid waste management. *Waste Management & Research*. Vol. 18. n.º 6 (2000). p. 590-594. ISSN: 0734-242X
- Mendes, R; Fernandes, J; Correia, M - Guia Prático para a Elaboração de Inquéritos por Questionário. Lisboa: Instituto Técnico da Universidade de Lisboa. (2017).
- Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território e Energia - PERSU 2020. 2014. Disponível em WWW: <<https://poseur.portugal2020.pt/Content/docs/Poseur/PERSU.pdf>>. ISBN/ISSN:
- Montville, John B - Refuse Trucks Photo Archive. Iconografix Hudson, Wisconsin, 2001. ISBN: 1583880429
- Muñuzuri, Jesús; Larrañeta, Juan; Onieva, Luis; Cortés, Pablo - Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement. *Cities*. Vol. 22. n.º 1 (2005). p. 15-28. ISSN: 0264-2751
- NGVA - Greenhouse gas Intensity of LNG as fuel 2017. Disponível em WWW: <[https://www.kivi.nl/uploads/media/5a30012699b76/2017-12-06%20GHG%20Intensity%20of%20LNG%20-%20NGVA%20\(public%20version\).pdf](https://www.kivi.nl/uploads/media/5a30012699b76/2017-12-06%20GHG%20Intensity%20of%20LNG%20-%20NGVA%20(public%20version).pdf)>.
- Nilsson-Djerf, Jon - Social factors in sustainable waste management. *Warmer Bulletin*. n.º 73 (2000). p. 18-20. ISSN: 1362-654X
- Nunes, Bernardo Machado - Evolução e situação atual dos RSU em Portugal. Estudo de caso: comparação dos sistemas de RSU em Sintra e Münster. 2017.
- Nuortio, Teemu; Kytöjoki, Jari; Niska, Harri; Bräysy, Olli - Improved route planning and scheduling of waste collection and transport. *Expert systems with applications*. Vol. 30. n.º 2 (2006). p. 223-232. ISSN: 0957-4174
- Oberthur, Sebastian; Oberthür, Sebastian - The new climate policies of the European Union: internal legislation and climate diplomacy. ASP/VUBPRESS/UPA, 2010. ISBN: 9054876077
- Oliveira, Nélia Isabel Pereira - Avaliação de sistemas de recolha e transporte de Resíduos Sólidos Urbanos: Eficiência energética e emissões poluentes. 2009.
- ONU - Relatório do Desenvolvimento Humano. 2016.

- Pachauri, Rajendra K; Allen, Myles R; Barros, Vicente R; Broome, John; Cramer, Wolfgang; Christ, Renate; Church, John A; Clarke, Leon; Dahe, Qin; Dasgupta, Purnamita - Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2014. ISBN: 9291691437
- Parlamento Europeu - Alterações Climáticas e Ambiente. 2018. Disponível em WWW: <http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/pt/FTU_2.5.2.pdf>
- Pastorello, Cinzia; Dilara, Panagiota; Martini, Giorgio - Effect of a change towards compressed natural gas vehicles on the emissions of the Milan waste collection fleet. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 16. n.º 2 (2011). p. 121-128. ISSN: 1361-9209
- Pereira, Ezequiel Mendes ; Silva, Eni Leide Conceição - Uso do veículo elétrico leve na logística: O caso da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos-ETC. (2017). Disponível em WWW: <<https://singep.org.br/6singep/resultado/633.pdf>>.
- PEREIRA, EZEQUIEL MENDES; SILVA, ENI LEIDE CONCEIÇÃO - Uso do veículo elétrico leve na logística: O caso da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos-ETC.
- Pérez, Javier; Lumbreras, Julio; Rodríguez, Encarnación; Vedrenne, Michel - A methodology for estimating the carbon footprint of waste collection vehicles under different scenarios: Application to Madrid. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 52. (2017). p. 156-171. ISSN: 1361-9209
- Pordata - Preços da electricidade para utilizadores domésticos e industriais (Euro/ECU). 2017. Disponível em WWW: <[https://www.pordata.pt/Europa/Pre%C3%A7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%C3%A9sticos+e+industriais+\(Euro+ECU\)-1477](https://www.pordata.pt/Europa/Pre%C3%A7os+da+electricidade+para+utilizadores+dom%C3%A9sticos+e+industriais+(Euro+ECU)-1477)>.
- PRODER - Classificação das Freguesias do Continente em Rurais e Não Rurais. (2014). Disponível em WWW: <http://www.proder.pt/ResourcesUser/Documentos_Diversos/33/PDRc_Freg_ZRurais_NUTII_s_rev2_corrigido.pdf>.
- Rada, Elena Cristina; Ragazzi, Marco; Fedrizzi, P - Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. *Waste management*. Vol. 33. n.º 4 (2013). p. 785-792. ISSN: 0956-053X
- Relatório sobre PORTUGAL. 2017. Disponível em WWW: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX%3A52017SC0054>>.
- Resource - ELECTRIC WHEELS: A FUTURE WITHOUT PETROL FOR WASTE COLLECTION FLEETS? 2018. Disponível em WWW: <<https://resource.co/article/electric-wheels-future-without-petrol-waste-collection-fleets-12418>>.
- Russo, Mário - Reorganização do sector dos Resíduos Urbanos em Portugal: Uma oportunidade de reestruturação do PERSU II. Valorização de Resíduos, 2011.
- Sandhu, Gurdas S; Frey, H Christopher; Bartelt-Hunt, Shannon; Jones, Elizabeth - Real-world activity, fuel use, and emissions of diesel side-loader refuse trucks. *Atmospheric Environment*. Vol. 129. (2016). p. 98-104. ISSN: 1352-2310
- Sharholly, Mufeed; Ahmad, Kafeel; Mahmood, Gauhar; Trivedi, RC - Municipal solid waste management in Indian cities—A review. *Waste management*. Vol. 28. n.º 2 (2008). p. 459-467. ISSN: 0956-053X
- Tanskanen, Juha-Heikki - Strategic planning of municipal solid waste management. *Resources, conservation and recycling*. Vol. 30. n.º 2 (2000). p. 111-133. ISSN: 0921-3449

- Tavares, Gilberto; Zsigraiova, Zdena; Semiao, Viriato; Carvalho, M da G - Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling. *Waste Management*. Vol. 29. n.º 3 (2009). p. 1176-1185. ISSN: 0956-053X
- The Royal Society of Chemistry - The Basics of Climate Change. 2018. Consult. em 12/07/2018. Disponível em WWW: <<https://royalsociety.org/topics-policy/projects/climate-change-evidence-causes/basics-of-climate-change/>>.
- Tribunal Judiciais de Primeira Instância - Tribunal Judicial da Comarca do Porto., 2018. Disponível em WWW: <<https://tribunais.org.pt/comarcas/calargada.php?com=porto>>.
- Trotta, Pasquale - A gestão de resíduos sólidos urbanos em Portugal. 2011.
- Vocational Energy - Compressed natural gas for waste collection vehicles. 2010. Disponível em WWW: <<https://pt.slideshare.net/SWANANLC/compressed-natural-gas-for-waste-collection-vehicles>>.
- Volvo - (2018). Consult. em 12/09/2018. Disponível em WWW: <<https://www.volvogroup.com/en/en/news/2018/apr/news-2879838.html>>.
- Waste 360 - Should You Lease Your Garbage Truck? 2011. Disponível em WWW: <https://www.waste360.com/Trucks_And_Bodies/leasing-garbage-trucks-201103>.
- Waste Management World - City of London Trials UK's First All-Electric Refuse Collection Vehicle 2018. Consult. em 5/9/2018. Disponível em WWW: <<https://waste-management-world.com/a/city-of-london-trials-uks-first-all-electric-refuse-collection-vehicle>>.
- Who - Guides forMunicipal Solid Waste Management in Pacific Countries. (1996). Disponível em WWW: <https://www.academia.edu/28925080/Questionnaire_for_Solid_Waste_Management_Survey>.

ANEXOS

Anexo I - Inquérito Final

Inquérito aos Operadores

Com este inquérito pretende-se conhecer a apetência para a utilização de veículos elétricos ou a gás natural na recolha de resíduos sólidos nos municípios portugueses.
A equipa garante a confidencialidade de toda a informação recolhida ou solicitada neste inquérito.
A qualquer altura pode solicitar a remoção dos dados fornecidos.
Todas as informações são anonimizadas, de acordo com a lei da proteção de dados em vigor.

***Obrigatório**

Aceita participar no presente inquérito? *

☐ Sim

☐ Não

SEGUINTE

Nunca envie palavras-passe através dos Formulários do Google.

Inquérito aos Operadores

***Obrigatório**

Caracterização do Operador e do Município

Operador *

☐ Município

☐ Empresa Municipal

☐ Empresa Privada

☐ Outra: _____

Qual o município ou empresa? *

A sua resposta _____

Qual o concelho de atividade para efeitos deste inquérito?

A sua resposta

Período de Recolha *

	07 - 10 h	10 - 17 h	17 - 20 h	20-23 h	23 - 07 h	outro
horário corrente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Qual o tipo de resíduos que recolhe?

	indiferenciado	papel e cartão	plástico e metais	vidro	outro
tipo de resíduos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Qual o outro tipo de resíduos?

A sua resposta

Qual o destino dos resíduos recolhidos? *

	aterro sanitário	empresas de reciclagem	incineração	outro
indiferenciados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
papel e cartão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
plástico e metais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vidro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
outro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Qual o outro destino de resíduos?

A sua resposta

Qual a distância do local de deposição final dos resíduos? *

	dentro do município	até 10 km	entre 10 e 25 km	entre 25 e 50 km	mais de 50 km
aterro sanitário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
empresas de reciclagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
incineração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
outro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Caracterização da frota

Número total de veículos *

A sua resposta

Qual o número de veículos por tipo de combustível?

	1 a 5	6 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	41 a 50	mais de 50	não aplicável
diesel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
elétricos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gás natural comprimido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gás natural liquefeito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
outro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Qual a idade média da frota, por tipo de veículo? *

	até 4 anos	4 a 8 anos	8 a 13 anos	mais de 13 anos	não aplicável
diesel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
elétrico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gás natural liquefeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gás natural comprimido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
outro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Opinião sobre a utilização de veículos elétricos ou a gás natural

Principais obstáculos à utilização de veículos elétricos na recolha de resíduos sólidos *

	não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Não sei/Não respondo
Custo de aquisição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autonomia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tempo de carregamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Necessidade de postos de carregamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tempo de vida útil das baterias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual o outro obstáculo que identifica?

Principais obstáculos à utilização de veículos a gás natural na recolha de resíduos sólidos *

	não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Não sei/Não respondo
Custo de aquisição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autonomia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de abastecimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existência de posto de abastecimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual o outro obstáculo que identifica?

A sua resposta

Principais vantagens da utilização de veículos elétricos na recolha de resíduos sólidos *

	não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Não sei / Não respondo
Redução da poluição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução dos custos de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Condução silenciosa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de impostos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Direito a incentivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual a outra vantagem que identifica?

A sua resposta

Principais vantagens da utilização de veículos a gás natural na recolha de resíduos sólidos *

	não relevante	pouco relevante	relevante	muito relevante	Não sei / Não respondo
Redução da poluição	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução dos custos de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Condução silenciosa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução de impostos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Direito a incentivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual a outra vantagem que identifica?

A sua resposta

Planeamento de frota

Modo de aquisição dos veículos elétricos ou a gás natural para recolha de resíduos sólidos *

	sim	não	não sei / não respondo
compra direta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
comparticipação do Estado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fundos nacionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
fundos europeus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
outro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Previsão de aquisição de novos veículos *

	sim	não	não sei / não responde
diesel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
elétricos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gás natural	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
outro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual a utilização prevista para os veículos elétricos ou a gás natural? *

	sim	não	não sei / não responde
recolha de resíduos indiferenciados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
recolha seletiva de resíduos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
outra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual será a outra utilização prevista?

A sua resposta

Tem uma ideia dos consumos e quilometragem da frota por tipo de veículo (esta informação, em bruto, apenas será utilizada para cálculos matemáticos internos de apoio à dissertação) *

☐ Sim

☐ Não

Pode fornecer o seu contacto de email?

A sua resposta